



## Caracterização de produtos finais com diferentes especificações de qualidade nas diferentes fibras têxteis

**Ricardo Gil Araújo de Sousa**

Relatório Final de Estágio Profissional apresentado à Escola Superior de Tecnologia e de Gestão de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Química

Orientado por:

**Doutora Ana Maria Alves Queiroz da Silva**

Bragança

2010

# Índice

Índice.....	II
Índice de figuras.....	V
Índice de tabelas.....	VII
Lista de Abreviações.....	VIII
Resumo.....	IX
Abstract.....	X
Enquadramento do Trabalho.....	XI
1. Introdução ao tingimento.....	1
1.1. Fibras têxteis.....	1
1.1.1. Fibras mais comuns.....	3
1.1.1.1. Algodão.....	3
1.1.1.2. Poliéster <sup>(5)</sup> .....	3
1.1.1.3. Poliamida <sup>(5)</sup> .....	3
1.1.1.4. Elastano <sup>(5)</sup> .....	4
1.2. Cor.....	4
1.2.1. Colorimetria.....	5
1.2.2. Pantone.....	6
1.2.3. Corantes.....	7
1.2.3.1. Corantes reactivos.....	9
1.2.3.2. Corantes directos.....	9
1.2.3.3. Corantes dispersos.....	10
1.2.3.4. Corantes catiónicos.....	11
1.2.3.5. Corantes sulfurosos.....	11
1.2.3.6. Corante branco óptico.....	11
1.2.3.7. Corantes ácidos.....	12
1.2.3.8. Corantes à cuba.....	13
1.3. Interações dos corantes/fibra.....	13
1.3.1. Ligações iónicas.....	13
1.3.2. Ligações de Van der Waals.....	14
1.3.3. Ligações de Hidrogénio.....	14
1.3.4. Ligações Covalentes.....	15
1.4. Produtos auxiliares.....	15
2. Tingimento.....	17

2.1.	Processo contínuo.....	17
2.2.	Processo descontínuo .....	18
3.	Acabamentos .....	19
3.1.	Acabamentos químicos.....	19
3.2.	Acabamentos mecânicos .....	20
4.	Testes à malha .....	21
5.	Tratamento de efluentes .....	24
6.	Compatibilidade ente corantes .....	25
6.1.	Resultados Experimentais e Discussão .....	25
6.2.	Determinação da compatibilidade .....	26
6.3.	Correcção de cor.....	32
6.4.	Reprodução da receita de tingimento em produção.....	34
7.	Introdução ao ultra-som.....	38
7.1	Ultra-som.....	38
7.2.	Aplicações do ultra-som na indústria têxtil .....	39
7.3.	Casos de estudo .....	40
7.4.	Resultados experimentais e discussão .....	41
8	Conclusões e Sugestões de um Trabalho Futuro .....	48
9.	Bibliografia.....	50
10.	Anexos.....	I
10.1.	Testes de controlo de qualidade químicos.....	I
10.1.1.	Teste de Solidez à lavagem .....	I
10.2.2.	Teste de Solidez à água .....	I
10.2.3.	Teste de Solidez ao suor ácido e alcalino .....	II
10.3.	Testes de controlo de qualidade físicos.....	III
10.3.1.	Testes de Fricção .....	III
10.3.1.1.	Fricção a seco .....	III
10.3.1.2.	Fricção a húmido .....	III
10.4	Exemplos de tingimentos relativos às malhas mais tingidas.....	III
10.4.1	Tingimento de um Jersey 100% algodão.....	III
10.4.1.1	Preparação .....	IV
10.4.1.2	Tingimento .....	IV
10.4.1.3	Lavagem/Ensaboamento.....	V
10.4.2	Tingimento de uma Turca CO/PES .....	V

10.4.2.1	Preparação .....	V
10.4.2.2	Tingimento do PES.....	VI
10.4.2.3	Tingimento do Algodão.....	VI
10.4.2.4	Lavagem/Ensaboamento.....	VII
10.4.3	Tingimento de um Jersey 100% PES .....	VII
10.4.3.1	Preparação .....	VII
10.4.3.2	Tingimento .....	VII
10.4.3.3	Lavagem/Ensaboamento.....	VIII
10.4.4	Tingimento de uma Felpa 100% algodão .....	VIII
10.4.4.1	Preparação .....	VIII
10.4.4.2	Tingimento .....	IX
10.4.4.3	Lavagem/Ensaboamento.....	IX
10.5	Aplicação dos corantes às diferentes fibras na empresa TINAMAR S.A .....	X

## Índice de figuras

Figura 1 – Estrutura de um elo da cadeia de celulose .....	2
Figura 2 – Organização dos vários tipos de fibra.....	2
Figura 3 – Sistema cromático das cores .....	6
Figura 4 – Processo de tingimento contendo um grupo sulfato como centro reactivo da molécula. ....	9
Figura 5 – Corante directo Vermelho Congo com grupo diazo como grupo cromóforo. ....	10
Figura 6 – Corante solubilizado através da reacção de hidrólise. ....	10
Figura 7 – Corante óptico usado como branqueador no tingimento do algodão, poliamida e lã. ....	12
Figura 8 – Estrutura molecular do corante ácido violeta. ....	12
Figura 9 – Redução do corante à cuba com hidrossulfito de sódio.....	13
Figura 10 – interacção iónica entre um corante e a fibra de lã.....	14
Figura 11 – Interacção entre corante e a fibra de lã. ....	15
Figura 12 – Interacção de uma molécula de corante (grupo reactivo) e uma fibra.....	15
Figura 13 - Testemunho Multifibra com as diversas composições.....	21
Figura 14 - Escalas de cinzentos para avaliação do “manchamento”. ....	23
Figura 15 – Valores de refacção (em percentagem) de um Jersey 100% CO utilizando corantes Amarelo Ouro Remazol RGB, Amarelo Synozol HB e Amarelo Jakazol LD com uma concentração de 1%, na gama de valores de comprimento de onda de 400 a 700 nm. ....	27
Figura 16 – Valores de refacção (em percentagem) de um Jersey 100% CO, dos corantes Vermelho Remazol RGB, Vermelho Synozol HB e Vermelho Jakazol LD com uma concentração de 1%, na gama de valores de comprimento de onda de 400 a 700 nm. ....	28
Figura 17 – Valores de refacção (em percentagem) de um Jersey 100% CO dos corantes Azul-Marinho Remazol RGB, Azul-Marinho Synozol HB e Azul Ribantine S. RLL, na gama de valores de comprimento de onda de 400 a 700 nm. ....	29
Figura 18 – Valores de refacção (em percentagem) de um Jersey 100% CO, dos corantes Azul Remazol RR, Azul Risolin GRLN e Azul Rylavon 2GM1 com uma concentração de 1%, na gama de valores de comprimento de onda de 400 a 700 nm. ....	30

Figura 19 – Valores de refração (em percentagem) dos corantes Azul Remazol CA e Azul Synozol KHL, na gama de valores de comprimento de onda de 400 a 700 nm, para um Jersey 100% CO. ....	31
Figura 20 – Valores de refração (em percentagem) dos corantes Azul-turquesa Remazol G 133% e Azul-turquesa Jakazol PG 133%, na gama de valores de comprimento de onda de 400 a 700 nm. ....	32
Figura 21 – Diferença de valores de refração (em percentagem) entre a receita de tingimento “original” (com Azul-turquesa Remazol G 133%) e a nova versão (com Azul-turquesa Jakazol PG 133%), nos comprimentos de onda entre 400 e 700 nm. ....	34
Figura 22 – Valores de refração da malha após a preparação (branqueação) e valores de refração da tonalidade pretendida para os comprimentos de onda entre 400 e 700 nm. ....	35
Figura 23 – Valores de refração da malha após a primeira etapa de tingimento (controlo de cor) e valores de refração da tonalidade para os comprimentos de onda entre 400 e 700 nm.....	35
Figura 24 – Valores de refração da malha após a segunda etapa de tingimento (controlo de tonalidade) e valores de refração da tonalidade pretendida para os comprimentos de onda entre 400 e 700 nm.....	36
Figura 25 – Valores de refração da malha após a terceira etapa de tingimento (controlo de tonalidade) e valores de refração da tonalidade pretendida para os comprimentos de onda entre 400 e 700 nm.....	36
Figura 26 – Valores de refração da malha após a quarta etapa de tingimento (controlo de tonalidade) e valores de refração da tonalidade pretendida para os comprimentos de onda entre 400 e 700 nm.....	37
Figura 27 - Formação, crescimento e colapso da bolha formada por ultra-sons.....	39

## Índice de tabelas

Tabela 1 – Valores estimados para a percentagem de corante fixado e perda de corante para o efluente de acordo com a classe de corante e o tipo de fibra. ....	8
Tabela 2 – Produtos auxiliares e sua função quando utilizados no processo de tingimento. ....	16
Tabela 3 – Valores da absorvância e classificação do manchado variando a temperatura, com uma quantidade de banho de 150mL, concentrações de perborato de sódio de 1g/L e de detergente de 4g/L, durante 5 min. ....	42
Tabela 4 – Valores da absorvância e classificação do manchado variando a concentração de detergente, com uma temperatura de 50 °C, concentração de perborato de sódio de 1g/L e uma quantidade de banho de 150 mL, durante 5 min. ....	43
Tabela 5 – Valores da absorvância e classificação do manchado variando a concentração de perborato de sódio, com uma temperatura de 50 °C, concentração de detergente de 4g/L e uma quantidade de banho de 150 mL, durante 5 min. ....	43
Tabela 6 – Valores da absorvância e classificação do manchado variando a quantidade de banho, com uma temperatura de 50 °C, concentração de perborato de sódio de 1g/L e uma concentração de detergente de 4g/L durante 5 min. ....	44
Tabela 7 – Valores da absorvância e classificação do manchado variando a tempo, com uma temperatura de 50 °C, concentrações de perborato de sódio de 1g/L e de detergente de 4g/L e uma quantidade de banho de 150 mL. ....	45
Tabela 8 – Valores da absorvância e classificação do manchado variando o tempo para a temperatura de 25 °C, concentração de perborato de sódio de 1g/L, concentração de detergente de 4g/L e uma quantidade de banho de 20 mL. ....	46
Tabela 9 – Valores da absorvância e classificação do manchado variando o tempo, para a temperatura de 50 °C, concentrações de perborato de sódio de 1g/L e de detergente de 4g/L e uma quantidade de banho de 20 mL. ....	46
Tabela 10 – Valores da absorvância e classificação do manchado variando o tempo para a temperatura de 50 °C, concentrações de perborato de sódio de 1g/L e de detergente de 4g/L e uma quantidade de banho de 50 mL. ....	47

## Lista de Abreviações

CO – Algodão

CV – Viscose

EN – European Norm

ISO – International Organization for Standardization

LIC – Licra

Min. – Minutos

Nm – Nanómetros

NP – Norma Portuguesa

PA – Poliamida

PES – Poliéster

UV – Ultravioleta



## Resumo

O presente trabalho descreve as actividades realizadas durante um estágio profissional nos laboratórios de apoio à produção e controlo de qualidade químico da Tinamar S.A. – Tinturaria e Acabamentos Têxteis, localizada em Barcelos. O estágio permitiu a aquisição de conhecimentos importantes na área da tinturaria; uma parte destes conhecimentos não pode ser divulgada neste relatório estando protegida por um acordo de confidencialidade assinado no contrato de trabalho.

Esta parte (não confidencial) foi submetida a uma candidatura, para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química, na Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Bragança do Instituto Politécnico de Bragança.

O trabalho está dividido em dois pontos principais: o estudo da viabilidade da mudança de corantes em uso na empresa e a viabilidade do uso do ultra-som na determinação da solidez à lavagem da malha.

No ponto relativo à viabilidade da mudança de corantes pretende-se demonstrar como essa transição se efectua, com exemplo de várias tonalidades de corantes de diferentes fabricantes (DyStar, Jay Chemicals, Intercolor, entre outros), apresentando-se no final o exemplo da substituição do corante Azul-turquesa Remazol G133% pelo corante Azul-turquesa Jakazol PG 133% e as suas implicações na quantidade dos restantes corantes que compõem a receita de tingimento.

O estudo da viabilidade do uso do ultra-som na determinação da solidez à lavagem apresenta resultados que indicam a possibilidade da utilização desta técnica no futuro, necessitando ainda de mais alguns estudos que permitam a sua implementação no mercado. Neste estudo foi utilizado uma malha Jersey 100% PES com tonalidade escura.

Palavras-chave: Tingimento, ultra-sons, têxteis, corantes

## Abstract

This paper describes the activities performed during an internship in the laboratories to support the production and quality control chemist Tinamar SA – Tinturaria e Acabamentos Têxteis, located in Barcelos. The internship allowed the acquisition of important knowledge in the field of dyeing; a part of this knowledge cannot be disclosed in this report and is protected by a confidentiality agreement signed in the employment contract.

This part (not confidential information) was subjected to a candidacy for the degree of Master of Chemical Engineering, at Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Bragança from Instituto Politécnico de Bragança.

The work is divided into two main points: the study of the feasibility of changing colors in use on the company and the viability of the use of ultrasound in determining the wash fastness of the mesh.

At the point on the feasibility of changing colors is intended to demonstrate how this transition takes place, with examples of various shades of colors from different manufacturers (Daystar, Jay Chemicals, Intercolor, among others), presenting the final example of the replacement Blue dye Remazol turquoise blue G133% by the dye turquoise blue Jakazol PG 133% and its implications for the amount of other colors that make up the recipe for dyeing.

The feasibility of using ultrasound to determine the fastness to washing presents results that indicate the possibility of this technique in the future, but still requiring some further studies that allow its implementation on the market. This study used a knit jersey 100% PES with dark shades.

Keywords: Dyeing, ultrasound, textiles, dyes

## Enquadramento do Trabalho

Este relatório é apresentado à Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Bragança para a candidatura à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química e baseia-se na pesquisa e ensaios realizados durante o estágio profissional realizado na tinturaria têxtil Tinamar S.A., onde se construiu uma base de dados composta por ensaios laboratoriais.

O presente trabalho tem como finalidade evidenciar as mudanças efectuadas no sector das tinturarias industriais devido à crise que tem atingido todo este sector industrial. Pretende-se também apresentar as mudanças que foram efectuadas nos processos de tingimento das malhas devido ao pedido de insolvência do maior fornecedor de corantes, que ocorreu durante o estágio profissional.

Nas primeiras semanas desta crise, provocada pela falta de corantes, procedeu-se à adaptação das receitas de tingimento que utilizavam corantes que estavam esgotados, tendo sido necessário refazer estas receitas de tingimento com corantes de novos fornecedores. Isto provocou um acréscimo de ensaios em laboratório, para se conseguir cumprir com os prazos de produção, com os quais a empresa estava comprometida. Para além de várias alterações às receitas de tingimento, foi necessário ter também em conta o metamerismo e os ajustes naturais para a produção.

A pedido da gestora do Departamento de Qualidade foi também estudado um teste alternativo para a determinação da solidez à lavagem relativamente ao teste em uso na empresa. O objectivo era conseguir resultados semelhantes aos obtidos em laboratório pelo método clássico, tendo como principal interesse a redução de tempo e energia necessária para obtenção dos padrões de qualidade exigidos.

Os objectivos principais que levaram à realização deste trabalho são, de forma resumida:

- Estudar o desvio existente entre alguns corantes Remazol e outros que se pretende que os substituam, com tonalidade semelhante, de outra marca concorrente. Para tal apresentar-se-á o de caso uma receita de tingimento com uma tonalidade azul-turquesa, na qual é efectuada uma comparação entre receitas de tingimento elaboradas no laboratório e suas implicações no processo produtivo.
- Encontrar um teste alternativo para determinação da solidez à lavagem mais económico.

## 1. Introdução ao tingimento

Desde a antiguidade, já existiam tingimentos com corantes naturais. Estes processos eram realizados de forma artesanal e destinados a produtos para os quais não se observava a exigência de padrões de qualidade como nos dias actuais. Estes produtos tintos com corantes naturais não podiam ser comparados ao desempenho dos tintos com corantes artificiais, pois estes ainda não existiam. A igualização do tingimento, a reprodução da cor e a solidez, de forma geral, não podiam ser comparadas. Mas, como tingir tecidos de malha de algodão com corantes naturais, de uma forma correcta, sem gerar inúmeros problemas de qualidade e atingindo níveis de exigência aceitáveis quanto aos padrões de qualidade?

Para as empresas industriais, de maneira geral e em especial as indústrias têxteis, a alta eficiência e a inovação no produto é factor relevante para o seu sucesso<sup>(1)</sup>.

Observa-se que, somente a partir dos anos 90, os empresários do sector têxtil se mostraram preocupados com o posicionamento das suas empresas perante a abertura do mercado internacional. Nesse mesmo período, o mundo percebe que o novo século é a era da preservação dos recursos ambientais e da qualidade de vida e aumenta a complexidade dos produtos e dos mercados. Além disso, a diferenciação dos produtos vem sendo vista como um caminho para a satisfação dos clientes.

O grande desafio destas empresas está em viabilizar matérias-primas e processos que minimizem os impactos ambientais, utilizem fontes de recursos naturais e renováveis e, ainda, possam ter como vantagem competitiva funcionalidades que, de alguma forma, melhorem a qualidade de vida do ser humano. Tratando-se de tecido tinto, o processo com maior impacto ambiental e utilização de recursos naturais é o processo de tingimento.

### 1.1. Fibras têxteis

As fibras têxteis podem apresentar duas origens, natural e sintética, e este é o critério utilizado para a sua classificação.

As fibras têxteis naturais, produzidas pela natureza, apresentam uma estrutura que as torna aptas para o processamento têxtil. As fibras sintéticas são produzidas por processos industriais, quer a partir de polímeros naturais transformados por acção de reagentes químicos ou ainda por polímeros obtidos por síntese mecânica. Estas fibras, tanto as naturais quanto as não naturais diferem entre si de inúmeras maneiras. Cada qual possui características e

propriedades diferentes, sejam as dimensões das suas cadeias moleculares, a cristalinidade, as cores, a massa específica, temperatura de fusão ou de transição vítrea, elasticidade, hidrofiliidade, entre muitas outras que irão permitir ao tecido inúmeras aplicações<sup>(2)</sup>.

As fibras naturais têm zonas amorfas, além das cadeias cristalinas orientadas paralelamente (Figura 1). Estas zonas são identificadas pela falta de ordenamento, ou seja, estão distribuídas de uma forma aleatória. No tingimento os corantes entram nas fibras por estas zonas amorfas.<sup>(3)</sup>

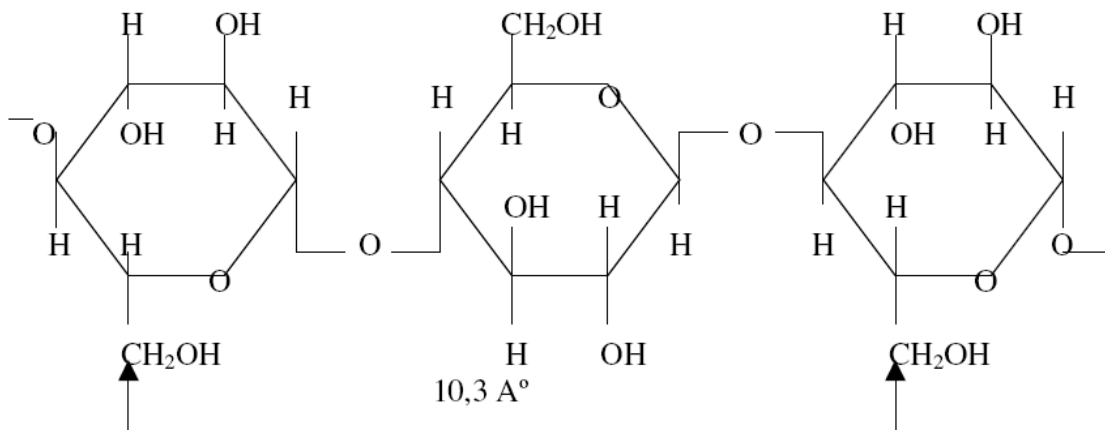


Figura 1 – Estrutura de um elo da cadeia de celulose<sup>(3)</sup>.

O organograma seguinte (Figura 2) apresenta, de forma resumida, as várias fibras têxteis que se podem encontrar nas malhas.

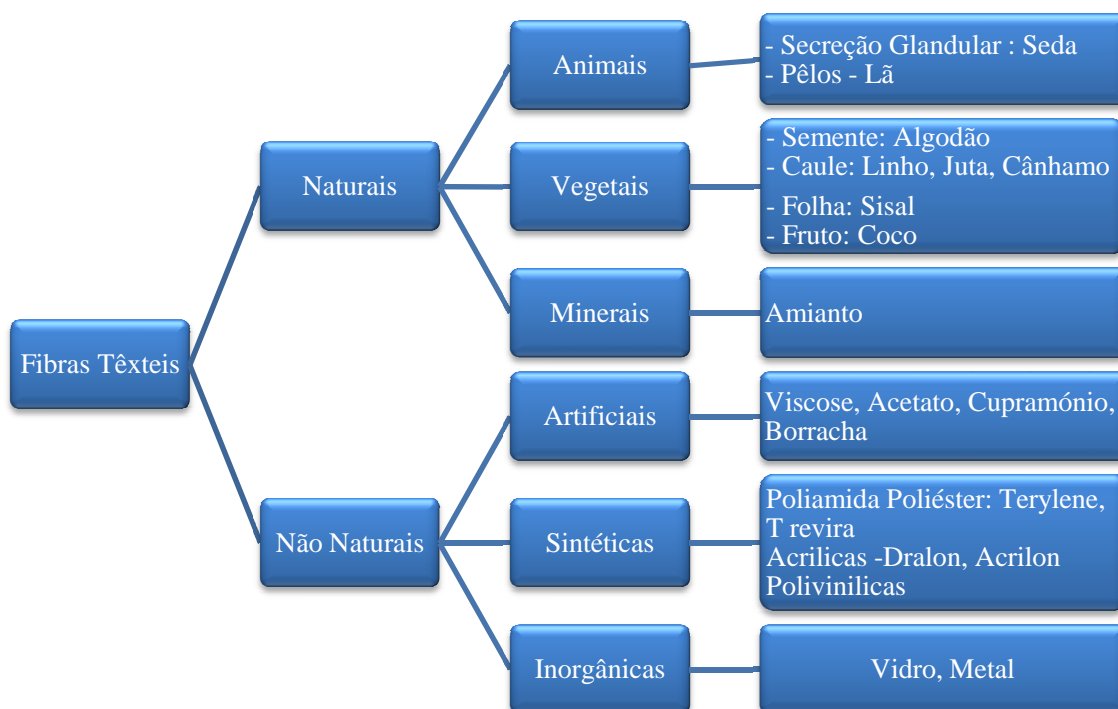


Figura 2 – Organização dos vários tipos de fibra<sup>(4)</sup>.

### 1.1.1. Fibras mais comuns

#### 1.1.1.1. Algodão

O algodão (CO) é uma fibra natural que tem origem em várias zonas do mundo. Entre as propriedades químicas do algodão destaca-se a reacção de degradação total quando se faz entrar em contacto, durante algum tempo, com o ácido sulfúrico concentrado. A reacção com ácidos inorgânicos é observada quando se seca a fibra após a sua impregnação com este ácido; a frio não se detectam grandes alterações nas fibras. O tratamento a efectuar sobre esta fibra deverá ser em soluções alcalinas.<sup>(3)</sup>

#### 1.1.1.2. Poliéster

O poliéster (PES) é uma fibra sintética, com origem, principalmente, na reacção do ácido tereftálico com o etilenoglicol. Tem como propriedades mais importantes a alta elasticidade com uma boa estabilidade dimensional. A solidez é semelhante tanto no estado húmido como a seco, não sofre grande alteração com a influência da luz. Não reage de uma forma rápida a químicos e apresenta uma boa resistência à ruptura e ao desgaste. No entanto, existe uma grande dificuldade no tingimento pois tem um reduzido poder de absorção da humidade. A grande tendência para a formação de “pilling” (borboto) de algumas fibras pode ser colmatada por outras nas quais a sua formação é escassa<sup>(5)</sup>.

#### 1.1.1.3. Poliamida

A poliamida (PA) é uma fibra de origem sintética, obtida por policondensação de ácidos orgânicos com aminas. Esta fibra é conhecida pelo nome comercial “nylon”. Tem como principais propriedades a grande resistência ao desgaste e a químicos, o elevado grau de tingimento, baixa absorção de humidade, rápida secagem, elevada capacidade de resistência contra insectos nocivos e à sua degradação. Os diversos tipos de poliamidas apresentam algumas características diferentes entre elas<sup>(5)</sup>:

PA 6: óptima resistência à degradação, baixa capacidade de absorção de humidade e com toque suave;

PA 6.6: grande capacidade de resistência à temperatura e degradação, com uma textura mais agressiva que a anterior.

A grande capacidade de resistência à ruptura dificulta, de uma forma considerável, a remoção do “pilling”, já que existe a tendência de formação deste quando se procede à sua fiação. As fibras de PA têm grande carga electrostática quando a humidade relativa é inferior a 50%.

#### 1.1.1.4. Elastano<sup>(5)</sup>

O elastano é uma fibra sintética, inventada pela Du Pont, também conhecida em termos químicos por poliuretano segmentado. Tem como característica especial a capacidade de alongamento de quatro a sete vezes o seu comprimento, e uma recuperação do tamanho original praticamente instantânea. Resistente ao sol e à água salgada, mantém as mesmas qualidades ao longo do tempo.

É impossível comprar uma malha que seja confeccionada somente com elastano, mas é possível encontrar malhas com mistura de fibras; esta normalmente é encontrada em pequenas quantidades revestida pela fibra principal.

De um modo sintético, o elastano apenas vai proporcionar à malha elasticidade; a direcção e a quantidade desta fibra é que vão influenciar o seu alongamento.

### 1.2. Cor

A cor sempre fascinou a civilização humana, desde os tempos pré-históricos em que o homem pintava os animais com diversas cores nas suas cavernas.

A percepção da cor é constituída por uma série de processos, uns de natureza física, outros fisiológicos e outros, ainda, psicológicos. A cor de um objecto depende do comprimento de onda da luz que o objecto transmite e do meio entre o objecto e o observador, o qual pode absorver uma parte das cores espectrais que estavam presentes na luz proveniente do objecto. Um objecto vermelho reflecte apenas radiação vermelha da luz, esta atinge o olho e produz um estímulo, este origina impulsos nervosos que, através do nervo óptico, atinge o cérebro, o qual é sede da percepção da cor. Esta, contudo, não é inequivocamente dependente do carácter do estímulo, mas também depende do estado de adaptação do olho, ambiente que rodeia o observador e o objecto, da iluminação deste, etc.

A cor também afecta emocionalmente o observador: os seus efeitos psicológicos têm sido objecto de estudo atento e fazem-se tentativas para que possa ser usada racionalmente em sinais, pinturas em casas, tanto interior como exterior, em anúncios, etc. A investigação científica das cores tem-se intensificado nos últimos 70 anos. Entre os pioneiros contam-se Newton, Goethe, Hong, Maxwell, Helmholtz, e muitas teorias têm sido desenvolvidas. Por exemplo, no sistema do fisiologista alemão Ewald Hering, no sistema natural das cores há quatro cores primárias: amarelo, vermelho, azul e verde, que são representadas por pontos fixos num círculo de cor dividido em quadrantes. O branco, o cinzento e o preto são chamadas cores neutras, e as outras coloridas. As cores são definidas pelo seu brilho, matriz, saturação, claridade e intensidade. As cores que produzem o cinzento-neutro, quando misturadas em certas proporções, são chamadas cores complementares entre si. No círculo de cores opostas são complementares, por exemplo, o verde e o vermelho, o vermelho-amarelado e o verde-azulado, etc <sup>(6)</sup>.

#### 1.2.1. Colorimetria

A colorimetria é uma técnica que permite avaliar a cor. Esta análise é efectuada tendo em conta vários critérios, como a fonte de luz, a malha que se pretende analisar e a sensibilidade de análise da tonalidade observada pelo observador. O resultado do observador deve ser extremamente rigoroso e quantificado, deve apresentar dados que caracterizem devidamente a cor, e que a possam reproduzir com uma quantidade exacta de três corantes diferentes (vermelho, amarelo e azul).

A Figura 3 apresenta o sistema cromático das cores: os valores positivos (eixo a) indicam que a tonalidade está avermelhada e os valores negativos indicam que a cor está esverdeada. No eixo b, valores positivos indicam que a tonalidade está amarelada e os valores negativos que ela está azulada. No eixo L, valores positivos indica que a intensidade é menor, mais clara, e valores negativos, indicam uma intensidade maior, mais escura.



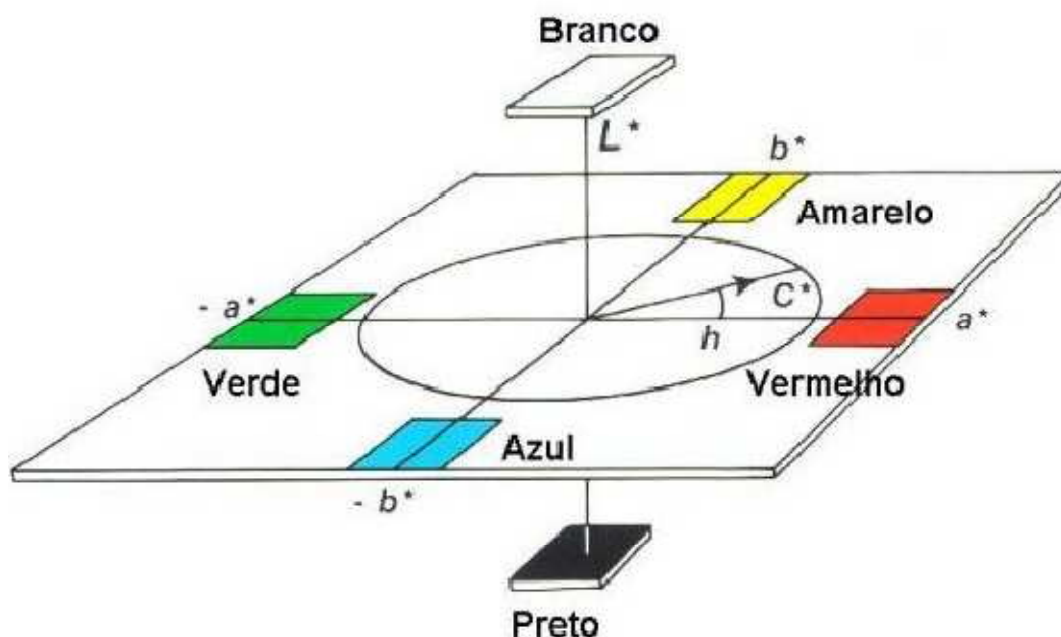


Figura 3 – Sistema cromático das cores.

Ao longo dos tempos foram formuladas várias equações matemáticas com a finalidade de criar novos sistemas de coordenadas que permitam determinar o ponto exacto da tonalidade pretendida. Hoje, os que mais se destacam são o CIELAB e o CMC: estes sistemas têm em comum o valor  $\Delta E$ , que indica a variação da tonalidade de uma determinada malha em relação a uma tonalidade padrão, sendo que o padrão tem como desvio dele próprio um valor de  $\Delta E = 0$ .

Em termos industriais, a ciência teve o seu auge com a invenção dos computadores digitais nos anos sessenta. A disponibilidade de computadores mais baratos deu um impulso ao sistema de controlo de cor, aliada à espectrometria controlada por computadores. Este equipamento calcula o valor de  $\Delta E$  da amostra analisada<sup>(5)</sup>.

Os enormes desenvolvimentos destes equipamentos proporcionaram avanços nas áreas de formulação de cores, técnicas de separação de cores bem como a percepção das cores.

A técnica de separação de cores deu origem a um auxiliar em catálogo, designado por Pantone.

### 1.2.2. Pantone

O Pantone é um catálogo cuidadosamente elaborado contendo mais de 1000 cores impressas em pequenas tiras de malha ou papel, as quais são obtidas a partir de misturas, utilizando 8

cores básicas. Este processo é largamente utilizado em todo o mundo facilitando a escolha e a padronização de cores.

É um método simples e bastante preciso para se obter a tonalidade desejada. O Pantone deve ser usado em todo o processo da reprodução de cor, isto é, desde o laboratório que desenvolveu e criou a receita de tingimento, ao tintureiro que produzirá fielmente as cores indicadas pelo laboratório. As vantagens do Pantone são:

1. Uma gama de mais de 1000 cores definidas à escolha;
2. Precisão e facilidade na obtenção das tonalidades;
3. Uso internacional, podendo ser indicado em qualquer parte do mundo.

Uma vez escolhida a tonalidade, esta será sempre indicada através da numeração correspondente aos diversos sectores.

### 1.2.3. Corantes

Desde os tempos pré-históricos, o homem tem usado as cores para decorar as suas roupas e os seus objectos. Ao longo do tempo foram encontrados nos monumentos da civilização Inca e da civilização Egípcia tecidos tingidos com corantes de origem vegetal e animal. Assim, o uso de corantes por parte do Homem tem mais de 4000 anos de história.

Em 1856, William Henry Perkin, químico inglês, sintetizou a maveína – o primeiro corante produzido. A síntese da maveína foi o primeiro passo para a produção de corantes orgânicos em larga escala. Hoje mais de 90% dos corantes utilizados são de origem sintética<sup>(7)</sup>.

Os corantes podem ser definidos como produtos químicos normalmente aplicados em solução, os quais se fixam de algum modo em um substrato. As principais características que são desejáveis nos corantes são a de serem estáveis à luz, apresentarem uma distribuição uniforme, proporcionarem um alto grau de fixação e resistirem ao processo de lavagem. Estas características, essenciais aos corantes, somente foram conseguidas com o aparecimento de corantes sintéticos<sup>(8; 9)</sup>.

Os corantes sintéticos hoje produzidos são maioritariamente para aplicação na indústria têxtil. Porém as indústrias do couro, papel, alimentares, cosméticos, tintas e plásticos são também importantes usuários.

A disponibilidade comercial é enorme, aproximadamente 10.000 tipos diferentes de corantes e pigmentos são usados industrialmente. Estima-se que actualmente 2000 tipos de corantes

estão disponíveis para a indústria têxtil. Esta diversidade é justificada, uma vez que cada tipo de fibra a ser colorida requer corantes com características próprias e extremamente bem definidas<sup>(8)</sup>.

Os corantes têxteis apresentam estruturas moleculares complexas que podem envolver, durante o seu processo de síntese, até 500 reacções intermediárias<sup>(7)</sup>.

A molécula de corante utilizada para o tingimento da fibra têxtil pode ser dividida em duas partes principais: o grupo cromóforo e a estrutura responsável pela fixação à fibra (estruturas aromáticas que absorvem luz visível e que fixam os corantes dentro das fibras). As principais estruturas químicas cromóforas presentes nos corantes são compostas por grupos como azo, triazina e ftalocianinas, antraquinona e metano. Os corantes são classificados segundo a sua capacidade de fixação à malha, como por exemplo, ácidos, directos, de enxofre e reactivos<sup>(8; 9)</sup>.

O mecanismo de fixação de cada corante é condicionado pelas características dos grupos funcionais, da estrutura dos corantes e das propriedades químicas e físicas da fibra a ser tingida. No tingimento podem ser utilizados diversos tipos de corantes, pertencentes a diversas classes, o que origina uma água residual muito complexa e com grande variabilidade. As moléculas de corante que são hidrolisadas durante o processo de tingimento e as que não são fixadas às fibras, são removidas pelas lavagens após tingimento, permanecem no efluente têxtil, contribuindo para a cor<sup>(8)</sup>.

Na Tabela 1 apresentam-se valores estimados do grau de fixação e perdas de corante para o efluente de diferentes classes de corantes.

Tabela 1 – Valores estimados para a percentagem de corante fixado e perda de corante para o efluente de acordo com a classe de corante e o tipo de fibra<sup>(6)</sup>.

Classe de corante	Tipo de Fibra	Grau de Fixação (%)	Perdas para o efluente (%)
Ácidos	Poliamida	89-95	5-20
Directos	Celulose	70-95	5-30
Dispersos	Poliéster	90-100	0-10
Reactivos	Celulose	60-70	10-50
Sulfurosos	Celulose	60-90	10-40

### 1.2.3.1. Corantes reactivos

Os corantes reactivos são substâncias solúveis que contêm um grupo reactivo capaz de se combinar quimicamente com a celulose em determinadas condições para a sua fixação. Estes são assim denominados pelo facto de efectuarem ligações covalentes com a fibra têxtil (celulose) em meio alcalino<sup>(10; 9)</sup>.

Desde o seu aparecimento no mercado, a sua aplicação tem sido crescente, apresentando actualmente 20-30% do consumo mundial de corantes. São utilizados principalmente para o tingimento e estamparia de fibras celulósicas como o algodão, viscose, linho, lã e seda. Estes apresentam características muito favoráveis à sua implementação, tais como: rapidez na reacção de tingimento, solidez, estabilidade química, facilidade de operação e baixo consumo de energia na aplicação, grande variedade de cores.<sup>(2; 9)</sup> A Figura 4 mostra um exemplo simples de um corante que contém um grupo sulfato: para que se dê a reacção entre a fibra e o corante apenas é necessário eliminar este grupo em meio alcalino.<sup>(3)</sup>

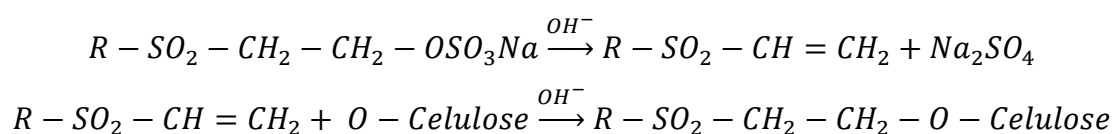


Figura 4 – Processo de tingimento contendo um grupo sulfato como centro reactivo da molécula.

O maior problema destes corantes reside no facto de haver uma competição entre a reacção de tingimento com o substrato têxtil e a reacção do corante com a água<sup>(8)</sup>.

### 1.2.3.2. Corantes directos

As poliamidas caracterizam-se por conter compostos solúveis em água com capacidade de tingir fibras como o algodão e a viscose, através de interacções iónicas de Van der Waals. O uso de electrólitos aumenta a afinidade do corante com a fibra. A Figura 5 apresenta um exemplo da estrutura de um corante directo: esta classe de corantes é constituída principalmente por corantes contendo mais de um grupo azo (diazó, triazo)<sup>(3)(9)</sup>.

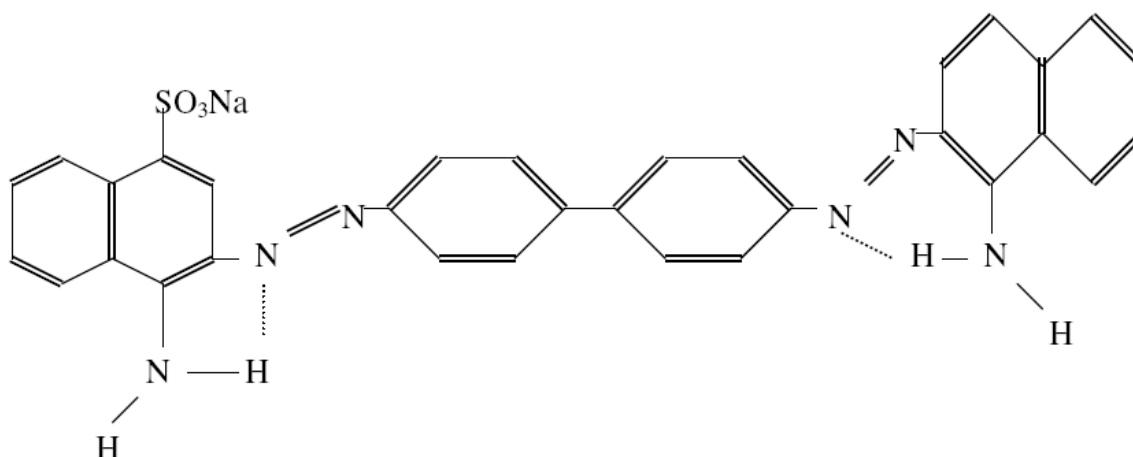


Figura 5 – Corante directo Vermelho Congo com grupo diazo como grupo cromóforo.<sup>(3)</sup>

#### 1.2.3.3. Corantes dispersos

Os corantes dispersos são compostos aniónicos, insolúveis em água. Quase todos os corantes dispersos são aminas primárias, secundárias ou terciárias. Com aplicação principal em fibras poliéster, também podem ser utilizados no tingimento de cores claras de nylon e acrílico<sup>(8)</sup>.

O tingimento de uma malha hidrofóbica utilizando um corante disperso depende da afinidade de cada fibra para com o corante. A Figura 6 apresenta um exemplo de um corante solubilizado temporariamente através da reacção de hidrólise, onde o grau de solubilidade do corante é pequeno, influenciando de forma significativa o processo e a qualidade do tingimento.

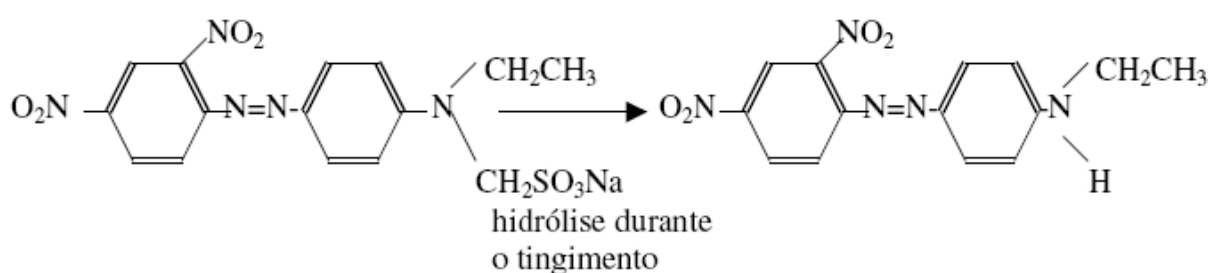


Figura 6 – Corante solubilizado através da reacção de hidrólise.<sup>(3)</sup>

Assim os poliésteres podem absorver tanto ou mais corante que o nylon ou o acetato sempre que o tempo de tingimento seja suficientemente largo, sendo de referir que um corante disperso difunde-se mais lentamente no poliéster do que nas outras fibras hidrofóbicas, existindo formas de solucionar o problema da difusão do corante disperso no poliéster<sup>(8)(11)</sup>:

- Aumentar a acessibilidade da fibra usando para este efeito agentes transportadores: estes incham os poros e espaços intermoleculares da fibra;
- Aumentar a velocidade de difusão por um incremento da temperatura de tingimento.

#### 1.2.3.4. Corantes catiónicos

Estes corantes possuem cores brilhantes, porém apresentam baixa fixação. São empregados basicamente em fibras sintéticas, tal como as fibras acrílicas, nylon e poliéster especialmente fabricados para serem tingidos com este tipo de corantes. Apresentam baixa solubilidade em água. Estabelecem ligações iônicas que são formadas entre o catião da molécula do corante e os “sítios” aniônicos da fibra; produzem cores brilhantes e uma faixa enorme de variedades de cor, aliada a uma boa resistência<sup>(8)</sup>.

#### 1.2.3.5. Corantes sulfurosos

Estes corantes são compostos por macromoléculas com pontes de polissulfuretos, os quais são altamente insolúveis em água. São corantes derivados de ácido tiosulfônico, empregados geralmente para a obtenção da cor preta e utilizados exclusivamente em fibras celulósicas. Estes são geralmente aplicados após pré-redução em banho, o que lhes confere a forma solúvel, sendo re-oxidados sobre a fibra pelo contacto com ar ou com um oxidante na forma líquida. Apresentam um odor desagradável ao efluente, e caracterizam-se ainda por apresentarem um difícil tratamento final da água residual<sup>(8)(9)</sup>.

#### 1.2.3.6. Corante branco óptico

Quando uma malha é entregue numa tinturaria esta vem normalmente sem qualquer tipo de tratamento, isto é, chega com um aspecto amarelado por conter materiais orgânicos na sua composição. Esta cor amarelada pode ser diminuída através de um corante, denominado branco óptico, que vai oxidar a fibra. Este corante tem como característica a reflexão por fluorescência quando excitado por luz ultravioleta<sup>(3)</sup>.

A Figura 7 apresenta a estrutura de um corante óptico.

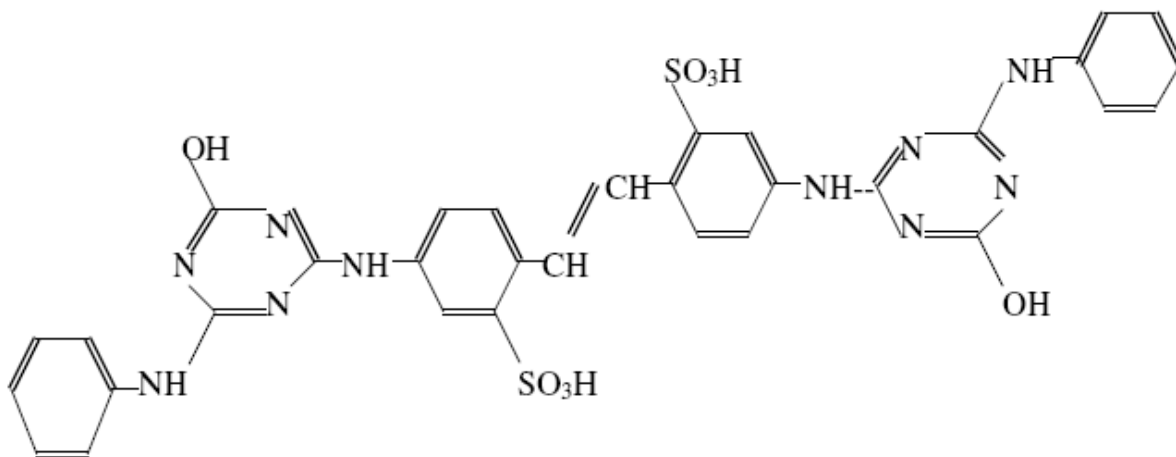


Figura 7 – Corante óptico usado como branqueador no tingimento do algodão, poliamida e lã.<sup>(3)</sup>

#### 1.2.3.7. Corantes ácidos

Esta classe de corantes é assim designada por duas razões: a primeira porque a presença de grupos ácidos leva à solubilidade dos aniões em água; a segunda porque tinge a um pH ácido. Estes corantes aplicam-se no tingimento de poliamida e de lã, apresentando uma ampla gama de tonalidades e de fixação<sup>(8)(11)</sup>. O tingimento é conseguido através de troca iónica dos electrões livres do corante e das fibras, onde o corante é previamente neutralizado. A Figura 8 representa a estrutura de um corante ácido.

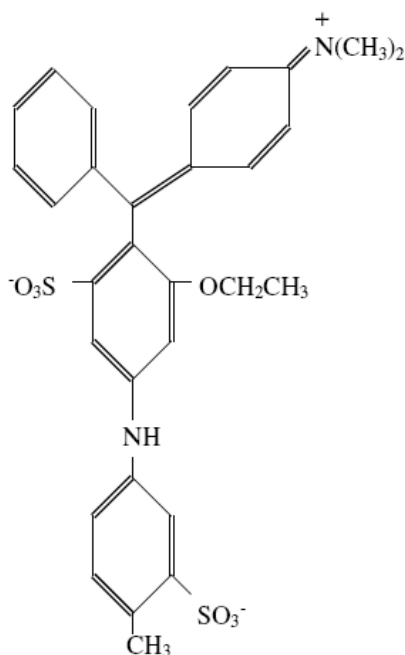


Figura 8 – Estrutura molecular do corante ácido violeta.<sup>(3)</sup>

### 1.2.3.8. Corantes à cuba

Os corantes à cuba, também chamados de corantes à tina e de redução, são insolúveis em água. Através de redução com hidrossulfito de sódio em meio alcalino, convertem-se em derivados solúveis (Figura 9) e tingem os materiais têxteis celulósicos. A maior aplicação deste tipo de corante tem sido o tingimento de algodão, mas a utilização em outras fibras tem resultados que se podem considerar satisfatórios. Como a produção química de hidrossulfito de sódio causa problemas ecológicos, o custo destes corantes é elevado<sup>(12)(9)</sup>.

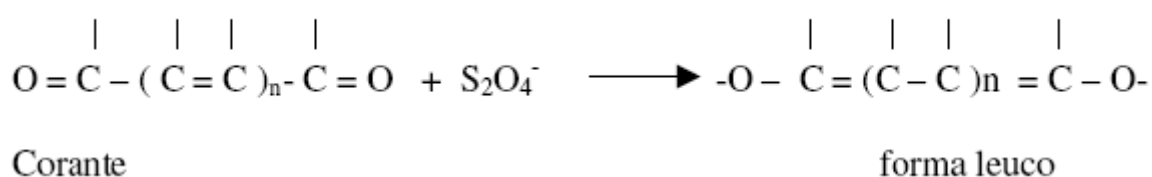


Figura 9 – Redução do corante à cuba com hidrossulfito de sódio.<sup>(3)</sup>

## 1.3. Interacções dos corantes/fibra

A fixação/reacção da molécula de corante com as fibras é conseguida, geralmente, em solução aquosa e podem estar presentes vários tipos de ligações: iónicas, de hidrogénio, de Van der Waals e covalentes<sup>(3)(9)</sup>.

### 1.3.1. Ligações iónicas

Este tipo de ligações está presente quando se tingem lã, seda e poliamida (corantes ácidos e directos). Baseiam-se nas interacções entre o centro positivo da fibra e a carga iónica da molécula de corante; também é possível que o centro positivo esteja no corante e a carga iónica esteja na fibra. A Figura 10 é o exemplo de uma interacção iónica entre o corante, designado pela letra D, e o grupo  $\text{NH}_3^+$  da fibra de lã.



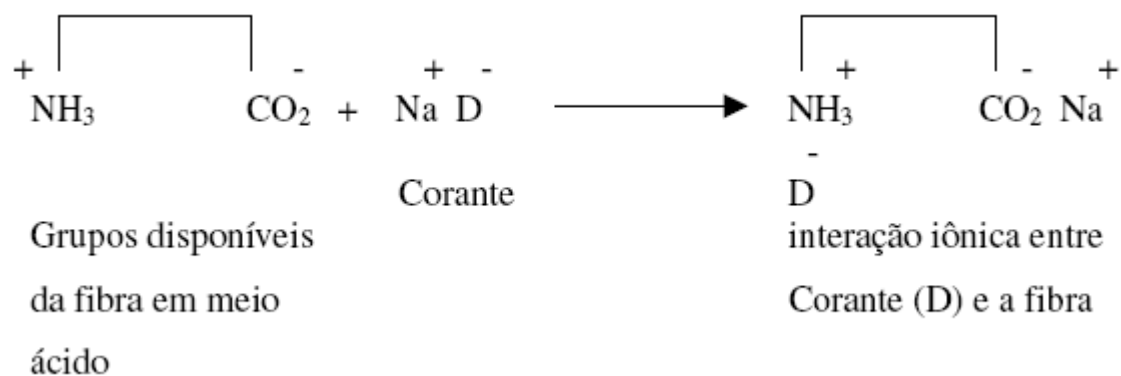


Figura 10 – interação iónica entre um corante e a fibra de lã.<sup>(3)</sup>

### 1.3.2. Ligações de Van der Waals

Os tingimentos onde se pode encontrar ligações de Van der Waals são normalmente aqueles em que se tingem lã e poliéster. A molécula de corante fica retida pela fibra quando esta molécula tem uma estrutura linear e/ou achatada, isto é, as forças de ligação podem provocar uma aproximação máxima possível entre a molécula e a fibra.

### 1.3.3. Ligações de Hidrogénio

As ligações de hidrogénio podem ser detectadas nos tingimentos de lã, seda e fibras com acetato de celulose. Estas ligações ocorrem quando estão reunidas as condições de existência de átomos de hidrogénio ligados de forma covalente no corante e a fibra tenha electrões livres de oxigénio. A Figura 11 apresenta uma possível ligação de hidrogénio entre um corante e a fibra de lã.

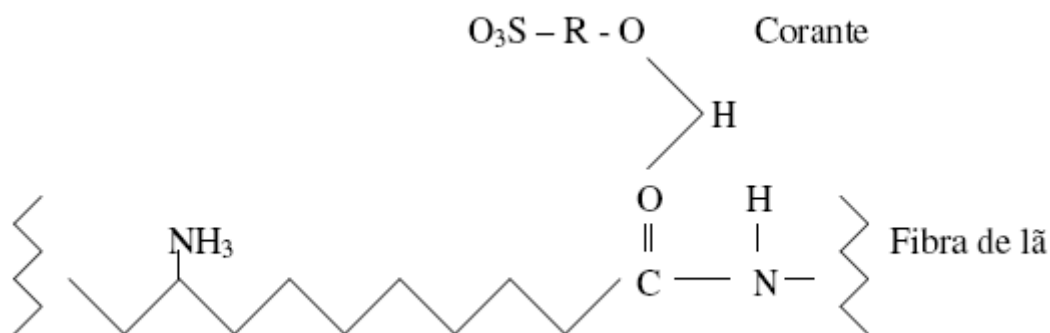


Figura 11 – Interação entre corante e a fibra de lã.<sup>(3)</sup>

#### 1.3.4. Ligações Covalentes

As ligações covalentes estão presentes no tingimento das fibras de algodão; o uso de corantes reactivos é o ideal para este tipo de ligações. A reacção dá-se entre o grupo reactivo da molécula de corante e o grupo reactivo da fibra (Figura 12).

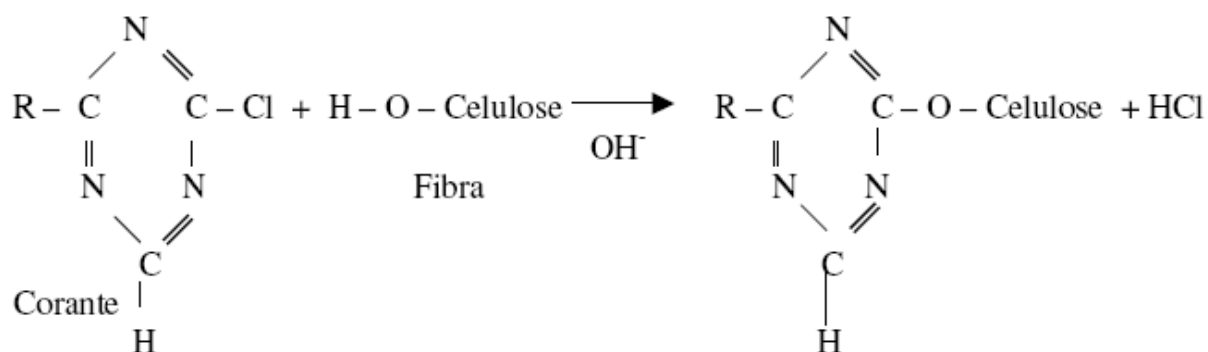


Figura 12 – Interação de uma molécula de corante (grupo reactivo) e uma fibra.<sup>(3)</sup>

#### 1.4. Produtos auxiliares

Um produto auxiliar pode ser definido como um químico, formulação ou preparação, que permite que o processo têxtil seja conduzido de forma mais eficiente, preenchendo os requisitos pretendidos no produto final<sup>(8)</sup>. A sua selecção é função do sistema fibra-corante e do processo em si; a qualidade e aspectos económicos são factores igualmente relevantes. As principais funções destes produtos consistem em <sup>(5)(9)</sup>:

- Preparação e/ou melhoramento dos artigos têxteis de forma a estarem aptos às condições exigidas nos processos de tingimento e acabamento (lavagem, branqueamento, desengilhagem, etc.);

- Alteração das condições de absorção dos corantes (penetrante ou retardante da migração dos corantes, efeito de bloqueio ou acção igualizante);
- Efeito estabilizador do meio reaccional (por aumento da solubilidade dos corantes, estabilizadores de dispersões ou soluções, efeito anti-espuma);
- Alteração do substrato têxtil (promovendo ou inibindo afinidade para o corante, efeito lubrificante);
- Acabamento propriamente dito como anti-fogo, hidrófobo, protecção UV, etc.

Na Tabela 2 são apresentados alguns dos produtos auxiliares mais utilizados nos processos de tingimento.

Perante a diversidade de produtos auxiliares é impossível fazer uma classificação sistemática dos auxiliares têxteis. É de notar que, alguns compostos podem acumular mais do que um desempenho, ou quando aplicados em processos diferentes, proporcionar diferentes funções<sup>(8)(9)</sup>.

Tabela 2 – Produtos auxiliares e sua função quando utilizados no processo de tingimento.<sup>(3)</sup>

Descrição	Composição	Função
Sais	Cloreto de sódio Sulfato de sódio	Retardantes
Ácidos	Ácido acético Ácido sulfúrico	Controlo do pH
Bases	Hidróxido de sódio Carbonato de sódio	Controlo do pH
Sequestrantes	EDTA	Sequestrante
Dispersantes	Aniónicos Catiónicos Não-iónico	Amaciador Dispersante de corante
Oxidantes	Peróxido de hidrogénio Nitrito de sódio	Insolubilizador de corante
Redutores	Hidrossulfito de sódio Sulfureto de sódio	Remoção de corante hidrolisado Solubilizante

## 2. Tingimento

O tingimento é um processo no qual se faz entrar em contacto um material têxtil com uma solução ou dispersão de corante, sendo este absorvido criando uma resistência permanente explicada pela energia de ligação que o corante estabelece com a fibra, dependendo, por sua vez, da estrutura molecular de ambos e da forma como se realiza o tingimento. Quanto maior a afinidade existente entre a fibra e o corante maior será a resistência à sua desagregação, daí o uso de diversos tipos de corantes, tais como:

Corantes ácidos e directos – este tipo de corante pode estabelecer ligações por pontes de hidrogénio, forças de Van der Waals e ligações iónicas com a fibra, ou seja, forças de valência secundárias.

Corantes sulfurosos, azóicos e de cuba – estes tipos de corantes por serem insolúveis em água e em alguns solventes apenas são adsorvidos pela fibra.

Corantes reactivos – o corante reactivo reage com o grupo hidroxilo da fibra<sup>(9)</sup>.

A molécula de corante, por ter uma estrutura alargada, não lhe é permitido passar entre as moléculas das fibras. No entanto, pode-se constatar que apesar deste impedimento o corante chega a todas as partes desta, permitindo concluir que este consegue passar através dos poros: daqui também se pode deduzir que o tamanho dos poros, em relação ao tamanho das moléculas de corante, será um factor a ter em conta no tingimento.

O tingimento pode ser realizado de forma contínua ou descontínua. O tipo de equipamento utilizado, o tipo de corante, e os produtos auxiliares, a temperatura e o tempo de tingimento são variáveis específicas de cada tipo de matéria-prima a tingir<sup>(3)</sup>.

### 2.1. Processo contínuo

No processo contínuo a malha passa de uma forma contínua pelo banho de impregnação, sendo de seguida espremida mecanicamente, por dois cilindros que exercem uma determinada pressão; o corante é de seguida fixado através de ar quente e seco ou vapor ou por um processo de repouso até que a humidade seja eliminada de forma natural<sup>(3)</sup>.

## 2.2. Processo descontínuo

O processo descontínuo, também conhecido por “processo por esgotamento”, é constituído por três fases importantes: montagem, fixação e tratamento final. A fixação não é mais do que a reacção entre a fibra e o corante; pode ocorrer entre as fases de montagem e fixação, no entanto, ocorre em maior escala nesta última. Após o tingimento existe a necessidade de retirar o corante hidrolisado, ou seja, corante que não reagiu com a fibra mas com a água. Esta é a etapa onde o consumo de água é maior.

Assim que se atinge a reprodução da cor desejada, atendendo sempre a desvios de tonalidade aceitáveis e tendo conseguido uma igualização de tonalidade de toda a malha, esta é aberta e passa para a secção dos acabamentos<sup>(3)</sup>.

No ponto 11.3 (em anexo) são apresentados vários tingimentos de malhas (neste processo) em diferentes tonalidades e malhas utilizando vários tipos de corantes, podendo apenas divulgar o tipo de corante utilizado (reactivo, directo e disperso).

### 3. Acabamentos

A fase de acabamentos tem por objectivo conferir aos artigos propriedades e características válidas quer do ponto de vista da estética, quer do ponto de vista funcional, satisfazendo as necessidades do mercado e, de uma forma particular, as exigências técnicas da indústria da confecção.

Depois de tingida e aberta, a malha é encaminhada para a secção de acabamento. Até atingir este ponto, é desejável que largue a maioria da água que se encontra à superfície por gravidade, evitando maiores gastos energéticos na utilização de um secador à escala industrial.

Depois de seca, a malha será sujeita a uma fase de acabamentos (químicos e mecânicos)<sup>(5)</sup>.

#### 3.1. Acabamentos químicos

Os acabamentos químicos permitem, através da introdução de uma gama muito variada de produtos, conferir diversas características finais ao produto, que se podem traduzir numa maior estabilidade dimensional do tecido bem como num aumento da resistência a agressões externas, que melhoram o aspecto, toque e brilho.

A sanforização e a calandragem são exemplos de acabamentos químicos:

- Sanforização - A partir do sanfor são conseguidos excelentes acabamentos químicos, permitindo variados tipos de acabamentos (suavidade do toque, impregnação de microcápsulas com diferentes aromas, entre outros); é um processo caro, pelo que só é realizado a pedido do cliente e em determinado tipo de malhas<sup>(5)</sup>.
- Calandragem - Processo de acabamento químico e mecânico que beneficia as malhas de algodão e misturas, em brilho e toque. No entanto, podem ser aplicados outros efeitos: por exemplo num cilindro gravado, onde se podem formar listas ou desenhos em relevo no tecido<sup>(5)</sup>.

### 3.2. Acabamentos mecânicos

Os acabamentos mecânicos, como cardação e laminagem, também podem ser conferidos à malha, sendo realizados conforme o pedido de acabamento enviado pelo cliente.

- Cardação - Esta operação realizada sobre a malha tem como finalidade a formação de uma camada de pêlo à superfície de tecidos com aspecto característico, provocando um aumento de volume dos tecidos, melhorando as propriedades de isolamento térmico e o toque. Este é um acabamento que é realizado frequentemente em tecidos de lã e algodão<sup>(6)</sup>.
- Laminagem - Esta operação tem como único objectivo cortar o pêlo existente à superfície do tecido, uniformizando desta maneira a sua altura. Esta pode ser uma operação realizada à malha posteriormente quando esta for sujeita à cardação<sup>(5)</sup>.
- Esmerilagem - A esmerilagem é uma operação que permite a passagem do artigo por rolos de esmeril (tipo lixa), possibilitando um ligeiro levantamento do pêlo.
- Ramulagem - A râmula é uma máquina de acabamentos por excelência, permite obter a largura e o comprimento pretendido pelo cliente; é utilizada ainda para a termofixação das malhas essencialmente de fibras sintéticas (PA, PES), permitindo um maior rendimento no tingimento e evita problemas nas propriedades finais do tecido (gramagem, estabilidade dimensional, entre outros). Esta, para além de efectuar um acabamento mecânico, também realiza acabamentos químicos, conferindo à malha diversos acabamentos essenciais à sua preservação<sup>(5)</sup>.

#### 4. Testes à malha

Neste sector são realizados testes a todas as malhas tingidas, em geral antes de ser entregue ao cliente. Pelos critérios de garantia de qualidade, a empresa compromete-se a realizar pelo menos quatro testes diferentes sobre a malha: solidez à lavagem, solidez à água, solidez ao suor ácido e alcalino, podendo, se o cliente assim o entender, ser realizado um teste ao contraste com branco, um à fricção a seco e/ou a húmido.

A aceitação dos resultados obtidos varia consoante os resultados previamente definidos pelo cliente no seu caderno de encargos (onde consta quais os testes que quer ver realizados à malha depois de tingida).

Os testes são realizados com uma amostra de malha tingida (provete) com dimensões definidas,  $2 \times 5\text{cm}$ , cosida por uma das extremidades a um testemunho Multifibra. O testemunho Multifibra é composto por várias fibras (lã, acrílico, poliéster, poliamida, algodão e acetato), como mostra a Figura 13. No final do teste o testemunho Multifibra pode apresentar uma tonalidade diferente da inicial que tem de ser analisada por um técnico com formação adequada para poder analisar o grau de manchamento; pode no entanto ser analisado por meio de um software específico.



Figura 13 - Testemunho Multifibra com as diversas composições.



Este conjunto provete/testemunho Multifibra é colocado dentro de um recipiente de aço inoxidável, com  $75 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$  de diâmetro e de  $125 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$  de altura, que deve fechar hermeticamente com uma capacidade de  $550 \text{ ml} \pm 50 \text{ ml}$ ; a base dos recipientes deve estar a  $45 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$  do eixo giratório de um dispositivo mecânico apropriado (Girowash), que contém um banho de água. O conjunto formado pelo eixo e pelos recipientes tem um movimento de rotação com uma frequência de  $40 \text{ min}^{-1} \pm 2 \text{ min}^{-1}$ . A temperatura do banho de água é regulada por um termóstato, mantendo-se a solução de ensaio à temperatura prescrita  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

A solução que permite a realização do teste é composta por uma concentração de detergente sem branqueador óptico e perborato de sódio de 4g/L e 1g/L, respectivamente.

Cada recipiente deve conter a solução anteriormente descrita, o conjunto provete/testemunho Multifibra e um número de esferas de aço que pode variar (10 – 100) conforme o teste a realizar.

Todos os testes são realizados segundo as seguintes normas:

- NP EN ISO 105 C06: 1999- têxteis. Ensaio de solidez aos tintos. Parte C06: Solidez dos tintos à lavagem doméstica e industrial.
- NP EN ISO 105 A03: 1996- têxteis. Ensaio de solidez aos tintos. Parte A03: Escala de cinzentos para avaliação do “manchamento”.
- ISO 105 X12: 2001- Textiles- Tests for colour fastness- Part X12: Colour Fastness rubbing.
- NP EN 20105 – A03:1995 – Têxteis. Solidez dos tintos. Parte A03: Escala de cinzentos para avaliação do “manchamento”.

No final de cada teste o provete é lavado em condições apropriadas de temperatura, alcalinidade, acção abrasiva e de branqueamento, de modo que o resultado seja obtido num tempo convenientemente curto. A acção abrasiva é obtida através do uso duma baixa relação de banho e de um número conveniente de esferas de aço. A alteração da cor do provete e o manchado dos tecidos testemunho são avaliados com auxílio das escalas de cinzentos apresentada na Figura 14.

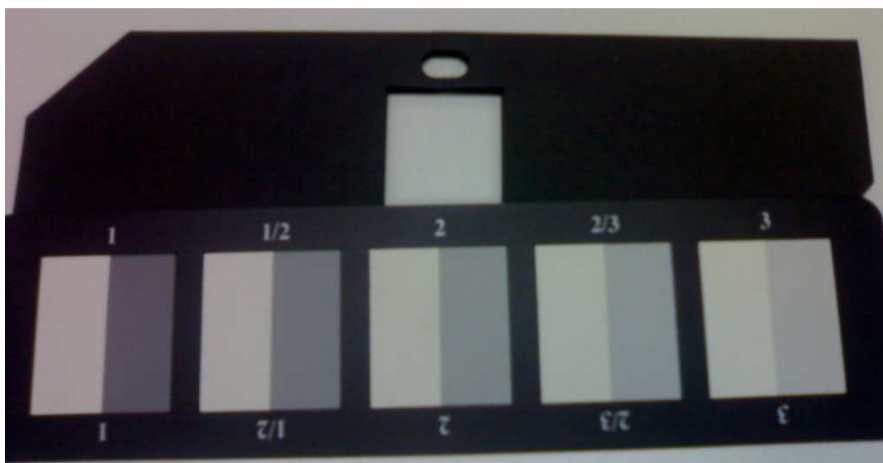


Figura 14 - Escala de cinzentos para avaliação do “manchamento”.

Com a escala de cinzentos, avalia-se o grau de “manchamento” da malha quanto aos diversos graus de solidez. Este possui uma escala de 1 até 5, intercalada por meia unidade, em que o valor 5 indica que o corante presente na malha após a realização do ensaio não chega a migrar para as diversas fibras que constituem a Multifibra, indicando um bom resultado, ou seja que a malha não mancha. O valor 1 indica a presença de uma grande quantidade de corante hidrolisado na superfície da malha. Se não for realizada qualquer acção correctiva esta malha pode largar este corante quando o cliente final estiver a fazer uma simples lavagem doméstica correndo o risco de danificar as cores (manchar) de outras peças de roupa.

## 5. Tratamento de efluentes

Os corantes hidrolisados que são rejeitados pelas sucessivas lavagens são facilmente detectáveis a olho nu, muitas vezes mesmo em baixas concentrações. As desvantagens são enormes para o meio ambiente: conforme as normas ambientais as indústrias são punidas com coimas por vezes elevadas. Por esta razão o controlo deve ser apertado e a rejeição para o meio ambiente deve estar dentro dos limites estabelecidos por lei.

Os corantes têm na sua composição compostos azo, que são considerados perigosos para o meio ambiente. Como a percentagem de corante hidrolisado é de 2 a 10%, dependendo da tonalidade e do corante, este é rejeitado nas lavagens durante as lavagens da malha, contaminando os efluentes.

Este tipo de indústria coloca-se em zonas estratégicas, onde o acesso a água não representa qualquer problema, deixando o tratamento dos efluentes para as ETAR's locais, preocupando-se apenas em manter-se dentro do caderno de encargos para envio destes efluentes.

## 6. Compatibilidade entre corantes

Neste capítulo são apresentados casos reais de estudo de compatibilidade entre corantes têxteis. São expostos alguns casos de corantes que foram substituídos por outros com a mesma tonalidade. A finalidade deste estudo é encontrar alternativas a uma gama de corantes têxteis que deixaram de estar presentes no mercado.

Nesta mesma parte são apresentados resultados experimentais onde se pode comparar as diferentes intensidades de tonalidades de diferentes fornecedores de corantes, em diversos valores de comprimento de onda, podendo concluir-se, em muitos casos, o porquê do aumento de certos corantes, quando comparados com receitas de tingimento já elaboradas. Todas as comparações foram efectuadas em tingimentos de malha Jersey 100% CO, numa relação de banho de tingimento de 1:8 (um grama de malha para oito gramas de solução constituída por corante, água e produtos auxiliares) e uma concentração de corante de 1%. As análises efectuadas têm como base a comparação entre a diferença de percentagens de refacção ao longo do comprimento de onda que vai desde os 400 nm aos 700 nm. São comparados corantes reactivos (Remazol, Jakazol e Synozol) com diferentes índices de solidez à lavagem. As tonalidades estudadas foram o amarelo, o vermelho e o azul.

### 6.1. Resultados Experimentais e Discussão

Nesta parte colocar-se-á em evidência as diferenças existentes entre diversos corantes. Sabendo que existem diversos fornecedores de corantes para uma mesma cor, é necessário realizar testes para determinar qual ou quais são os que mais segurança oferecem no tingimento sem provocar grande alteração de cor. A segurança referida diz respeito a um ponto que é essencial: a solidez à lavagem.

Quando se adquire uma peça de roupa espera-se que a tonalidade que esta tem perdure por muito tempo; ninguém quer que essa peça de roupa fique rapidamente com o aspecto de velha e sem cor. Esse é um ponto muitas vezes crucial, e um ponto fundamental no caderno de encargos de todos os clientes.

A comparação entre corantes que se apresenta de seguida, como exemplo, pertence ao grupo dos corantes reactivos, devido à importância deste grupo e à grande quantidade de tingimentos realizados ao longo do ano na empresa. Está dividido em dois subgrupos: os reactivos com solidez à lavagem média e os reactivos com solidez à lavagem elevada.

O exemplo apresentado para mudança de receita de tingimento pertence ao grupo de corantes reactivos com solidez média. Por razões de confidencialidade de métodos/processos utilizados na empresa não é possível divulgar o nome e a quantidade de produtos “extra receita de tingimento” para obtenção de cor. No entanto, é necessário apresentar exemplos de determinação da compatibilidade para que se consiga entender o porquê da alteração na quantidade de corantes que compõem a mesma receita de tingimento.

## 6.2. Determinação da compatibilidade

Com o objectivo de testar a compatibilidade de misturas de corantes existentes no mercado e tendo conhecimento de numerosos métodos desenvolvidos, parte-se à procura do que melhor serve os interesses da empresa. Um dos mais simples é o “dip-test”: este método consiste no tingimento de várias amostras de tecido por curtos períodos de tempo, num mesmo banho, contendo uma mistura de corantes com tonalidades diferentes. A diferença de tonalidade entre as primeiras e as últimas amostras é então analisada visualmente, deduzindo-se da compatibilidade ou não da mistura de corantes em causa.

Uma outra possibilidade, será realizar vários tingimentos, os quais são interrompidos em determinadas fases da cinética, analisando-se então visualmente a compatibilidade da mistura, através do esgotamento verificado. No entanto, quer este método, quer o anterior, apresentam fortes limitações devido à sua natureza subjectiva.

Outra possibilidade será analisar a compatibilidade dos corantes através dos parâmetros cinéticos do tingimento, tais como o coeficiente de difusão e o tempo de meio tingimento de cada corante da mistura. Estes métodos, para além de apresentarem várias limitações, partem do princípio de que a velocidade de tingimento de um corante não é influenciada pela presença do outro.

Com a rápida generalização dos equipamentos de medição de cor surgiram vários testes para a determinação da compatibilidade de corantes que, recorrem a métodos fotométricos, através dos quais podem ser quantificados os valores de refacção das amostras tingidas. Estes valores dão origem a curvas, das quais se pode verificar as diferenças de tonalidade entre corantes. Verifica-se que quanto maior a percentagem de refacção menor a intensidade da tonalidade. O método fotométrico por ser de simples execução foi o escolhido para fazer estas análises.

Na Figura 15 apresentam-se os valores de refacção (em percentagem) de um Jersey 100% CO utilizando os corantes Amarelo Ouro Remazol RGB, Amarelo Synozol HB e Amarelo Jakazol LD com uma concentração de 1%, na gama de valores de comprimento de onda de

400 a 700 nm. Observa-se que os corantes reactivos, com solidez à lavagem média, Amarelo Ouro Remazol RGB, Amarelo Synozol HB e Amarelo Jakazol LD são compatíveis, apesar de estes últimos terem uma refracção inferior na zona entre os 400 nm e os 580 nm. No entanto, esta maior intensidade está fora da zona em que se pretende que a cor actue, na zona de refracção do amarelo. Estes desvios têm de ser compensados quando necessário. Esta compensação deve ter em conta a refracção dos restantes corantes que fazem parte da receita de tingimento, mais/menos azul e mais/menos vermelho. A escolha do corante deve ter em conta factores como o metamerismo causado pela interacção de corantes, ou pela tonalidade pretendida. Por observação de reprodução em laboratório, assume-se que para cores escuras deve-se usar o Amarelo Synozol HB; para cores claras o uso de Amarelo Jakazol LD torna-se o mais indicado.

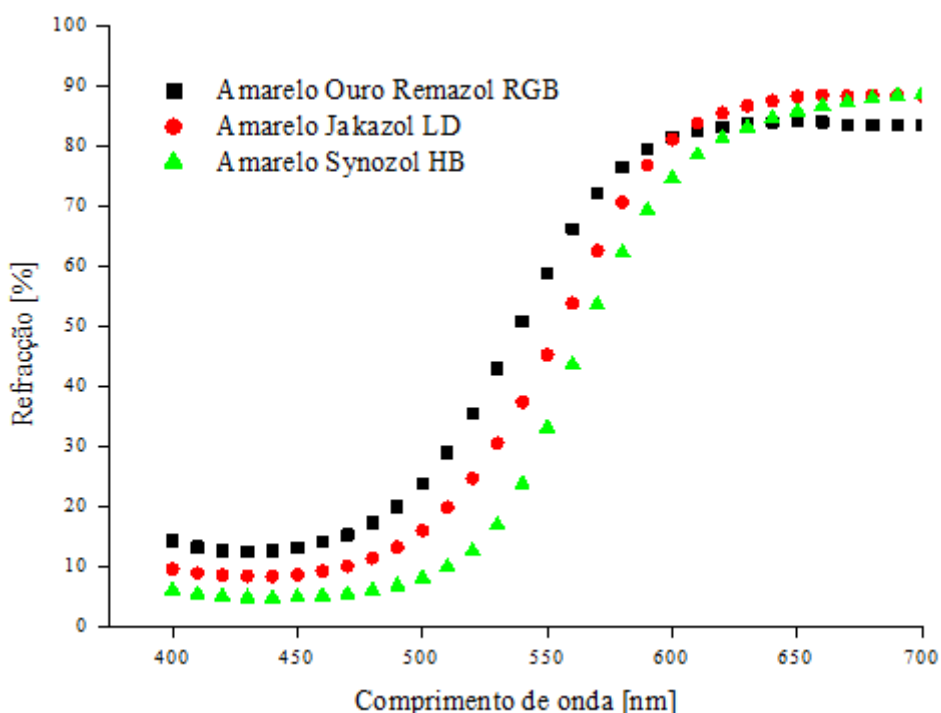


Figura 15 – Valores de refracção (em percentagem) de um Jersey 100% CO utilizando os corantes Amarelo Ouro Remazol RGB, Amarelo Synozol HB e Amarelo Jakazol LD com uma concentração de 1%, na gama de valores de comprimento de onda de 400 a 700 nm.

Na Figura 16 apresentam-se valores de refracção (em percentagem) de um Jersey 100% CO para os corantes Vermelho Remazol RGB, Vermelho Synozol HB e Vermelho Jakazol LD com uma concentração de 1%, na gama de valores de comprimento de onda de 400 a 700 nm.

Observa-se que os corantes reactivos, com solidez à lavagem média, Vermelho Remazol RGB e Vermelho Jakazol LD, são compatíveis, apesar de este último ter uma refracção superior em todo o comprimento de onda estudado. Isto implica que para se obter uma tonalidade semelhante à do Vermelho Remazol RGB é necessário que a concentração de Vermelho Jakazol LD seja superior à usada anteriormente de Vermelho Remazol RGB.

Na mesma figura apresentam-se valores de refracção de tonalidade de um outro corante: o Vermelho Synozol HB. Este apresenta valores de refracção de tonalidade bastante diferentes quando comparado com o corante Vermelho Remazol RGB, indicando que esta poderá não ser boa opção se a tonalidade não for intensa. Se a tonalidade pretendida for intensa e se for necessário o uso de um vermelho intenso esta poderá ser uma solução, podendo evitar o uso de concentrações de um outro corante em quantidade superior.

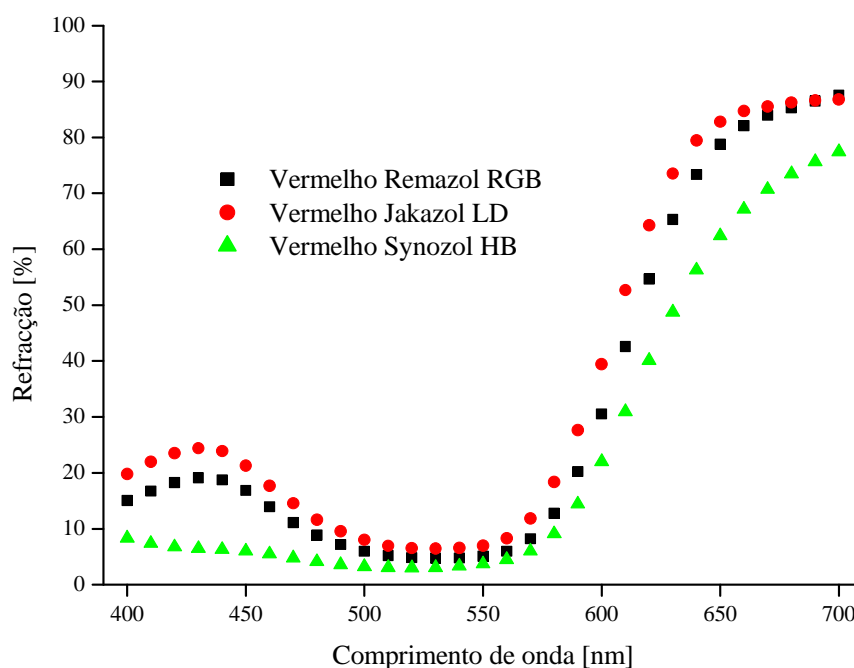


Figura 16 – Valores de refracção (em percentagem) de um Jersey 100% CO, utilizando os corantes Vermelho Remazol RGB, Vermelho Synozol HB e Vermelho Jakazol LD com uma concentração de 1%, na gama de valores de comprimento de onda de 400 a 700 nm.

Um bom exemplo de corantes com excelente compatibilidade está representado na Figura 17. Observa-se que o Azul-Marinho Remazol RGB e o Azul-Marinho Synozol HB são praticamente coincidentes em todo o comprimento de onda estudado, apresentando curvas e

valores de refração semelhantes. A substituição de um pelo outro não deverá apresentar problemas em termos de rendimento. No entanto, na prática, verifica-se que existem problemas de consistência de tonalidade em diferentes luzes. A aplicação das mesmas quantidades de Azul-marinho Remazol RGB e de Azul-marinho Synozol HB em receitas de tingimento com amarelo/vermelho/azul ou amarelo/azul ou mesmo vermelho/azul pode alterar drasticamente a tonalidade da malha se a intensidade da luz que incide sobre a malha for alterada, chamando-se a este fenómeno metamerismo. No entanto, o Azul Ribantine S. RLL pode ser considerado uma alternativa válida: este corante pode ser utilizado quando a intensidade da tonalidade pretendida for considerável.

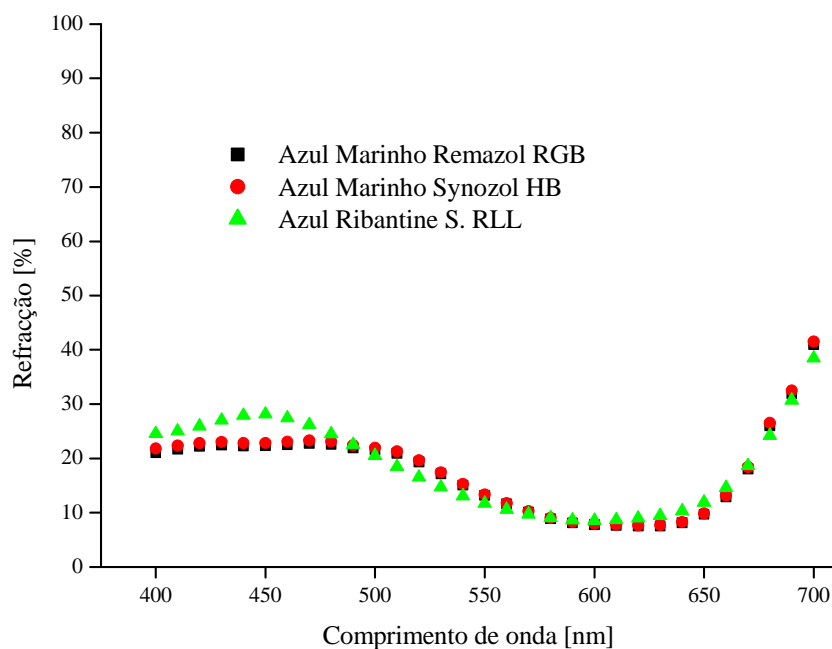


Figura 17 – Valores de refração (em percentagem) de um Jersey 100% CO utilizando os corantes Azul-Marinho Remazol RGB, Azul-Marinho Synozol HB e Azul Ribantine S. RLL, na gama de valores de comprimento de onda de 400 a 700 nm.

Na Figura 18 apresenta-se outro exemplo de corantes com excelente compatibilidade. Pode observar-se que o Azul Remazol RR e o Azul Rylavon 2GM1 são coincidentes em quase toda a gama de comprimentos de onda estudados, com valores de refração semelhantes. A substituição de um pelo outro poderá não apresentar problemas prevendo-se que seja necessário fazer alguns ajustes com os restantes corantes que compõem as receitas de



tingimento. O Azul Risolin GRLN foi estudado como outra alternativa possível. Este corante foi descartado porque a curva de refração deste é diferente da pretendida, Azul Remazol RR. Para além disso, os valores de refração, como pode ser observado na Figura 18, são muito baixos indicando que o corante é bastante intenso e, logo, se for utilizado provocará uma tonalidade diferente da pretendida.

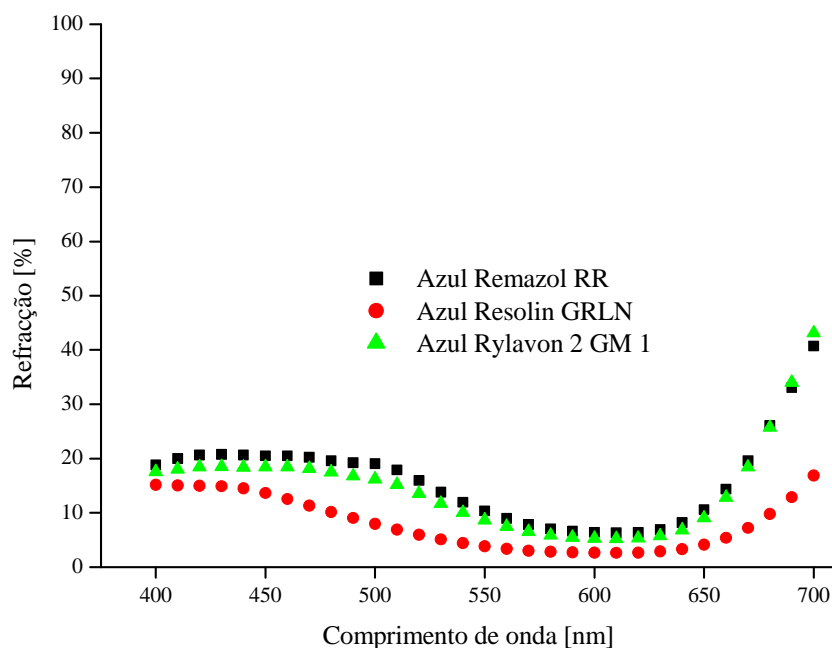


Figura 18 – Valores de refração (em percentagem) de um Jersey 100% CO, usando os corantes Azul Remazol RR, Azul Risolin GRLN e Azul Rylavon 2GM1 com uma concentração de 1%, na gama de valores de comprimento de onda de 400 a 700 nm.

Para corantes reactivos com solidez à lavagem elevada, apresenta-se na Figura 19 as curvas de refração do Azul Remazol CA e Azul Synozol KHL. Pode verificar-se que se trata de outro exemplo de corantes com excelente compatibilidade: o Azul Remazol CA e o Azul Synozol KHL são praticamente coincidentes em toda a gama de comprimentos de onda estudados, apresentando curvas e valores de refração semelhantes. A substituição de um pelo outro não deverá apresentar problemas de metamerismo. Pode observar-se ainda que os valores de refração do corante alternativo (Azul Synozol KHL) é inferior para quase todos os comprimentos de onda, o que permite afirmar que este tem uma tonalidade mais intensa devido a um rendimento superior.

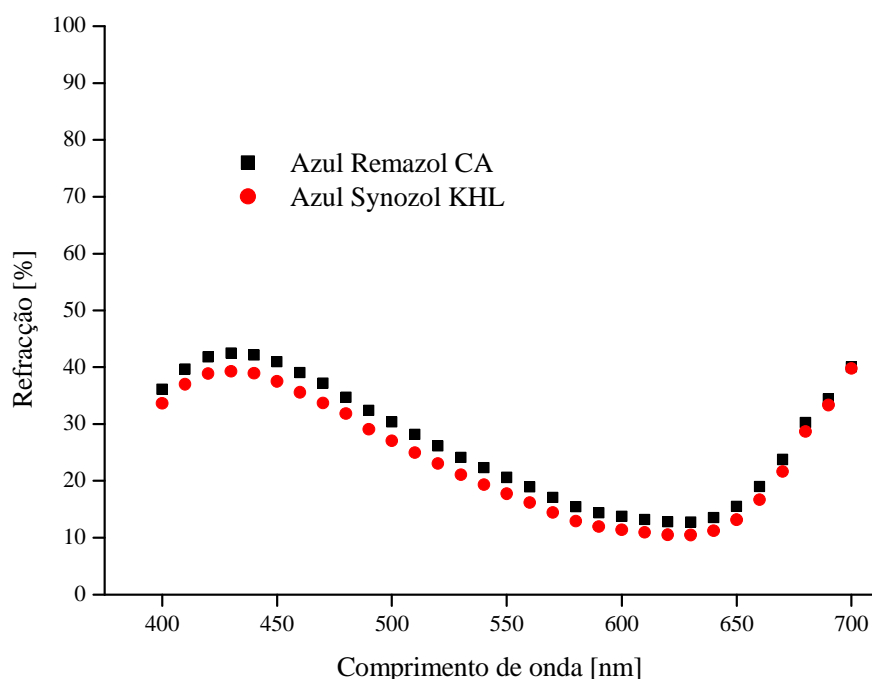


Figura 19 – Valores de refração (em percentagem) dos corantes Azul Remazol CA e Azul Synozol KHL, na gama de valores de comprimento de onda de 400 a 700 nm, para um Jersey 100% CO.

De seguida apresenta-se um exemplo da influência provocada pela mudança de um único corante quando se tingem um Jersey 100% CO. É possível observar que as quantidades dos corantes que constituem a receita de tingimento são diferentes, indicando que o corante substituído e substituto têm valores de refração e rendimento diferentes.

Com o objectivo de se encontrar um corante que possa substituir o corante Turquesa Remazol G 133% foi efectuado um teste ao corante Turquesa Jakazol PG 133%, que oferecia as melhores garantias de solidez à lavagem e melhor qualidade/preço.

A Figura 20 apresenta a percentagem de refração deste corante, assim como os valores de refração do Turquesa Remazol G 133%, com uma concentração de 1%.

Seguindo o procedimento das análises anteriores, pode-se afirmar que o Turquesa Jakazol PG 133% tem uma tonalidade mais suave na zona de refração da cor azul, entre os 440 e os 490nm. Para obter a cor desejada pelo cliente, é de esperar que seja necessário um ligeiro aumento na concentração deste corante, logo um aumento/diminuição na concentração dos restantes corantes.

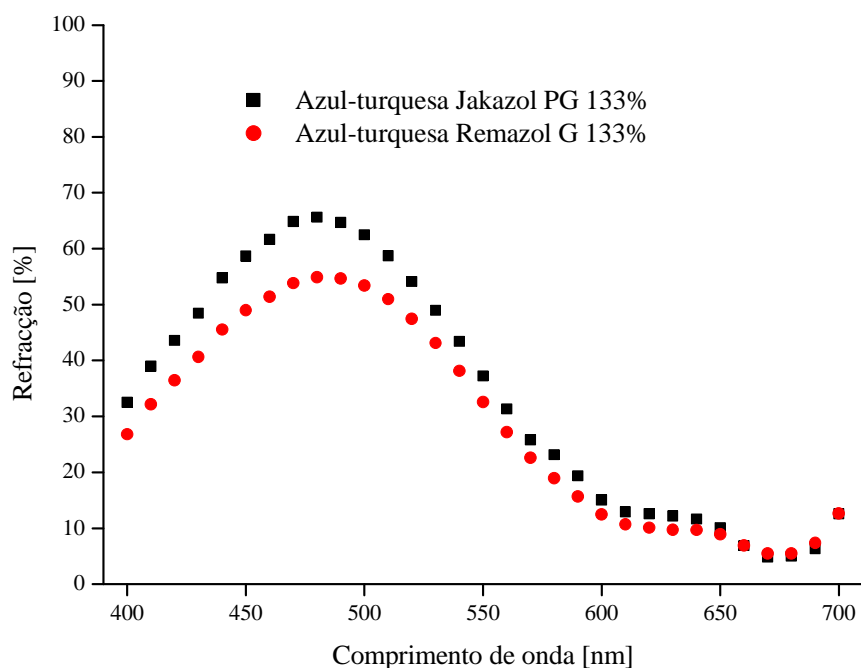


Figura 20 – Valores de refração (em percentagem) dos corantes Azul-turquesa Remazol G 133% e Azul-turquesa Jakazol PG 133%, na gama de valores de comprimento de onda de 400 a 700 nm.

No entanto, podem colocar-se algumas questões relativamente a este corante (Azul-turquesa Jakazol PG 133%), como por exemplo, que comportamento terá em conjunto com outros e será que tem um comportamento semelhante? O exemplo que se segue é uma possível forma de responder a estas questões.

### 6.3. Correção de cor

Neste ponto é apresentada a substituição do corante Azul-turquesa Remazol G 133% pelo Azul-turquesa Jakazol PG 133% numa receita de tingimento já aprovada por um cliente. Esta substituição deve ser compensada pelos restantes corantes (Amarelo Brilhante Remazol 3GL 150% e Azul Brilhante Remazol BB) que compõem a receita de tingimento, como se pode verificar pelos valores das concentrações dos corantes (apresentados de seguida). Todas as receitas de tingimento têm uma relação de banho de 1:8 (um grama de malha para oito de solução contendo corante, água e produtos auxiliares).

A receita de tingimento “original” contém as seguintes concentrações de corantes:

- Amarelo Brilhante Remazol 3GL 150% - 0,038%
- Azul-turquesa Remazol G 133% - 1,100%
- Azul Brilhante Remazol BB - 0,800%

Após os acertos necessários, a nova versão com uma relação de banho também de 1:8, contém as concentrações de corantes que se seguem:

- Amarelo Brilhante Remazol 3GL 150% - 0,050%
- Azul-turquesa Jakazol PG 133% - 1,300%
- Azul Brilhante Remazol BB - 1,200%

Para se conseguir a mesma cor verifica-se que houve um aumento na concentração total de corantes de 1,938%, na receita de tingimento “original”, para 2,55%, da nova versão.

Para uma indústria que, por força da forte concorrência, trabalha com margens de lucro baixas, um ligeiro aumento na concentração de alguns corantes pode traduzir-se, a nível económico, em prejuízo. No caso exposto, o Amarelo Brilhante Remazol 3GL 150%, embora seja um corante “relativamente caro”, como é usado em concentrações baixas, torna-se igualmente rentável apesar de aumentar a quantidade em cerca de 30% de uma versão para a outra.

O Azul Brilhante Remazol BB sofre um aumento de cerca de 50%, o que acrescenta um maior custo a suportar pela empresa. Por fim, a concentração de Azul-turquesa Jakazol PG 133% é superior à concentração de Azul-turquesa Remazol G 133%. No entanto, o valor deste aumento não é significativo devido à diferença dos valores monetários dos produtos.

A Figura 21, abaixo apresentada, revela que as diferenças são mínimas após o acerto da receita de tingimento e que os valores da percentagem de refração são muito próximos em todos os comprimentos de onda seleccionados. Na produção não haverá grandes problemas na reprodução desta versão da receita de tingimento.

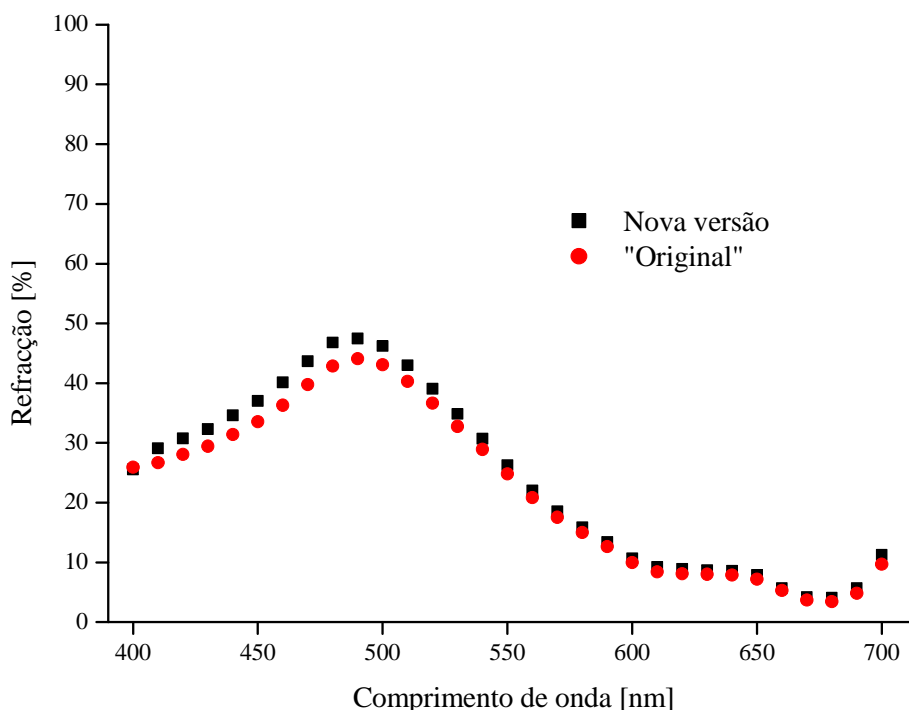


Figura 21 – Diferença de valores de refração (em percentagem) entre a receita de tingimento “original” (com Azul-turquesa Remazol G 133%) e a nova versão (com Azul-turquesa Jakazol PG 133%), nos comprimentos de onda entre 400 e 700 nm.

#### 6.4. Reprodução da receita de tingimento em produção

As figuras seguintes pretendem representar a reprodução da nova receita de tingimento.

A Figura 22 apresenta valores de refração da malha sem qualquer tipo de tingimento e os valores de refração da tonalidade a que se pretende chegar. As Figuras 23, 24, 25 e 26 permitem observar a evolução do tingimento da receita em produção. Nas referidas figuras estão representados os valores de refração da malha para vários controlos de tonalidade efectuados, assim como a curva de tonalidade que se pretende que a malha adquira quando terminar o tingimento, para os comprimentos de onda entre 400 e 700 nm. Na Figura 27 estão representados os resultados da tonalidade que se entende ser a mais próxima da pretendida, sem a ultrapassar.

Os controlos de tonalidade referidos são controlos feitos por comparação visual entre a tonalidade de pequenas amostras de malha que se está a tingir e a tonalidade pretendida. Se a tonalidade não for a desejada o processo de tingimento continua mais algum tempo e se necessário é adicionado mais corante.

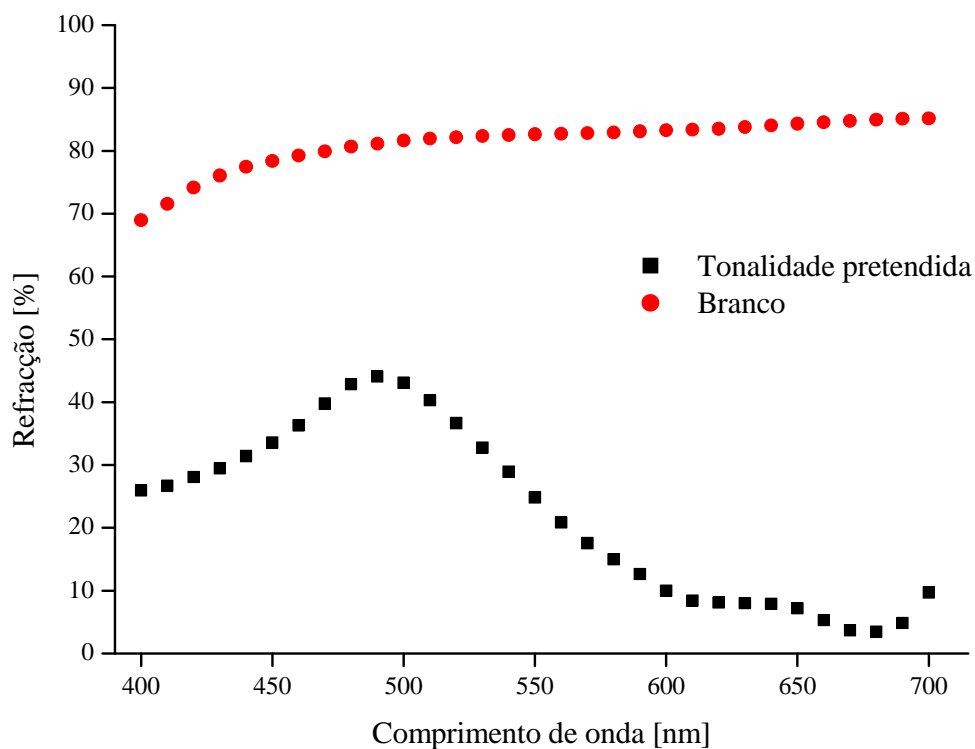


Figura 22 – Valores de refração da malha após a preparação (branqueação) e valores de refração da tonalidade pretendida para os comprimentos de onda entre 400 e 700 nm.

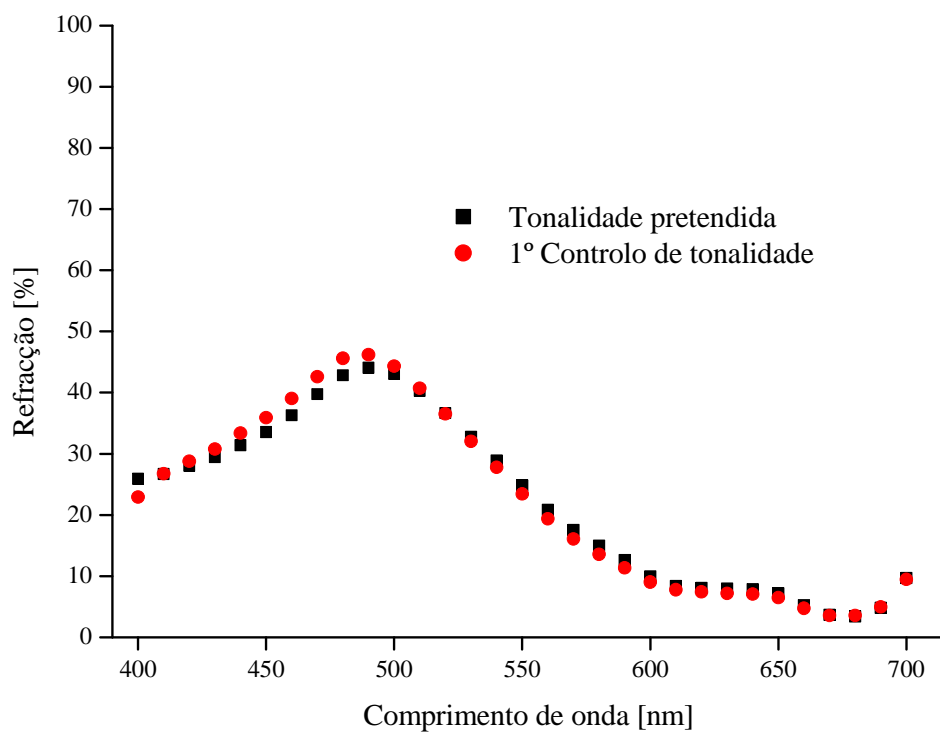


Figura 23 – Valores de refração da malha após a primeira etapa de tingimento (controlo de cor) e valores de refração da tonalidade pretendida para os comprimentos de onda entre 400 e 700 nm.

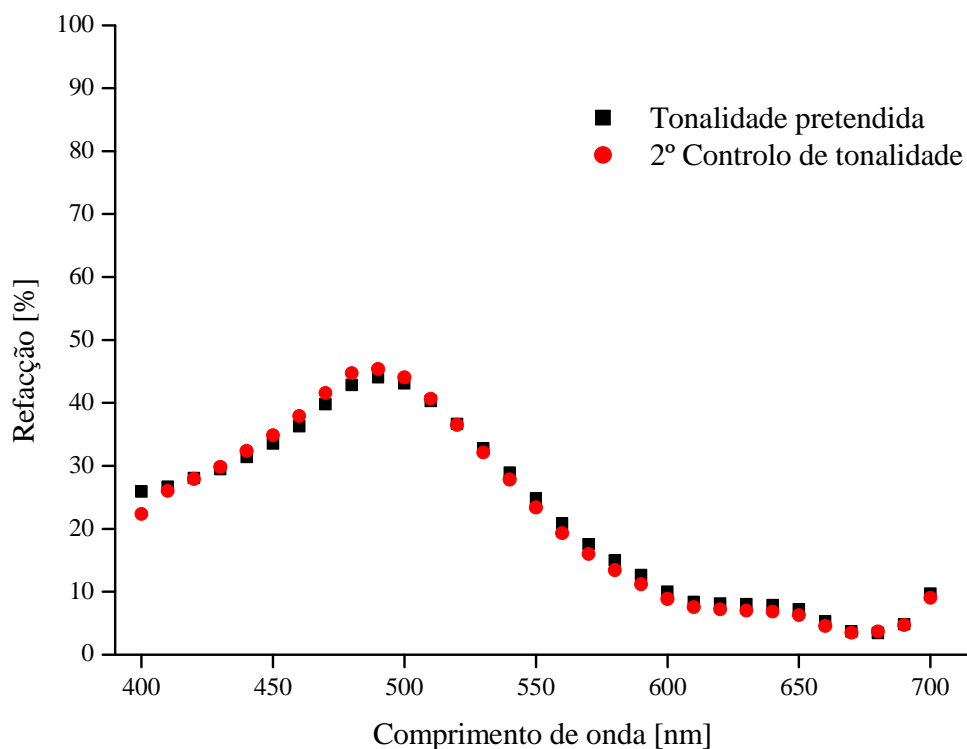


Figura 24 – Valores de refração da malha após a segunda etapa de tingimento (controlo de tonalidade) e valores de refração da tonalidade pretendida para os comprimentos de onda entre 400 e 700 nm.

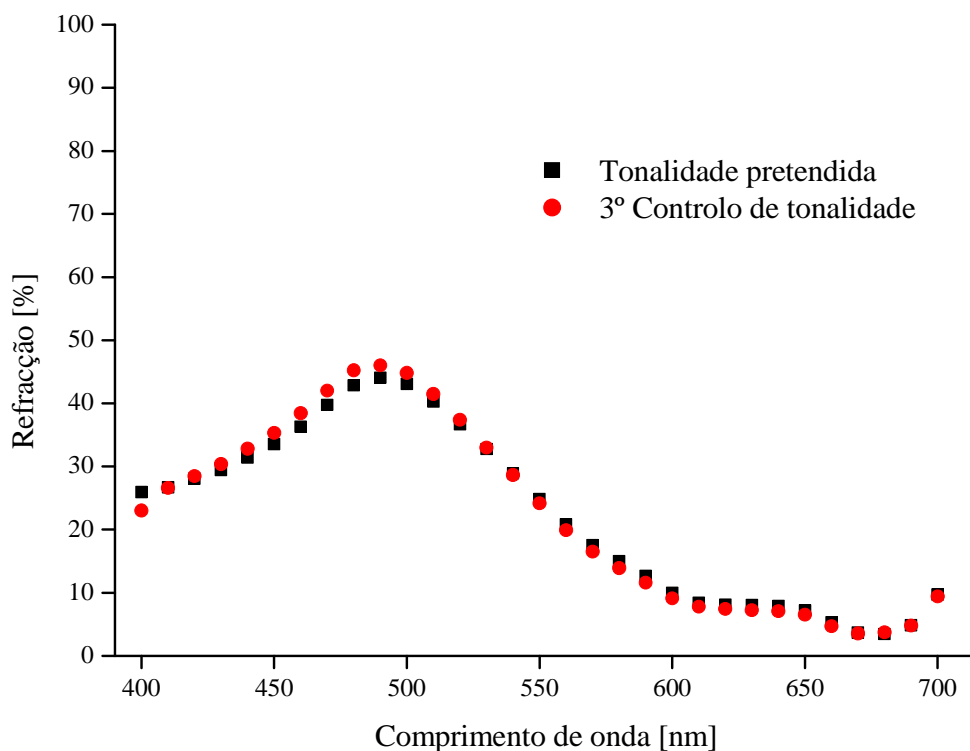


Figura 25 – Valores de refração da malha após a terceira etapa de tingimento (controlo de tonalidade) e valores de refração da tonalidade pretendida para os comprimentos de onda entre 400 e 700 nm.

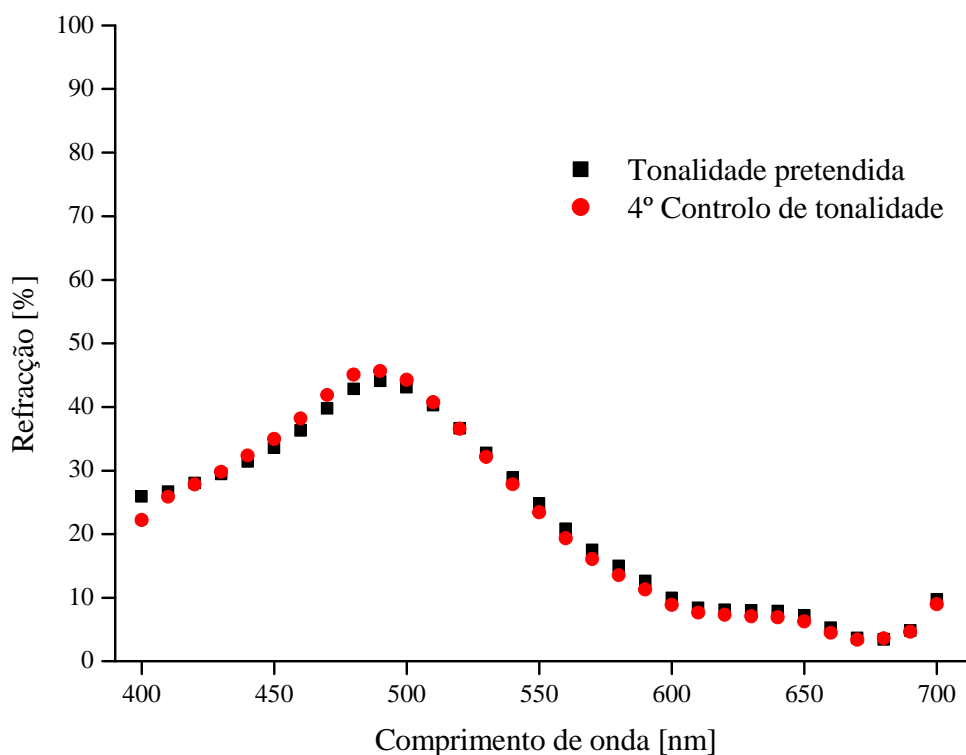


Figura 26 – Valores de refracção da malha após a quarta etapa de tingimento (controlo de tonalidade) e valores de refracção da tonalidade pretendida para os comprimentos de onda entre 400 e 700 nm.

A Figura 26 permite também verificar que as diferenças de refracção da tonalidade da malha e da amostra de tonalidade aprovada pelo cliente, que serve para fazer a comparação de tonalidade, são mínimas indicando que o tingimento está concluído passando-se agora à etapa de lavagem da malha.

Posteriormente são efectuados os testes de controlo de qualidade, tais como, teste de solidez à lavagem, solidez ao suor ácido e alcalino; também são realizados testes de controlo de qualidade físico, tais como, ao encolhimento, gramagem, entre outros.



## 7. Introdução ao ultra-som

Neste capítulo tenta-se encontrar um teste de controlo de qualidade alternativo para determinar a solidez à lavagem relativamente ao que está em uso na Tinamar. O estudo efectuado tem como principal objectivo determinar a viabilidade do uso do ultra-som na redução dos custos e tempo quando se realiza o teste de solidez à lavagem.

### 7.1 Ultra-som

Técnica emergente<sup>(13)</sup>, o ultra-som pode ser entendido como uma vibração com frequência que está para além da audição humana e que se propaga através de um meio com propriedades elásticas, isto é, superior a 17 kHz (17000 ciclos por segundo). A sua aplicação, de acordo com a frequência, é dividida em duas áreas: alta frequência e baixa intensidade (1-10 kHz), normalmente usada para fins de diagnóstico em medicina e engenharia; e baixa frequência e alta intensidade (20-100 kHz), usualmente aplicada em limpezas e reactividade química, sendo esta última de interesse neste estudo<sup>(14)</sup>.

A onda de ultra-som, como todas as vibrações, consiste em ciclos de compressão e expansão (rarefacção). Os ciclos de compressão exercem uma pressão positiva no líquido, havendo uma aproximação entre as moléculas; por sua vez os ciclos de rarefacção exercem uma pressão negativa afastando as moléculas umas das outras. Durante o ciclo de expansão, a onda de som com intensidade suficiente pode provocar a formação de cavidades<sup>(14)</sup>.

O fenómeno de formação de bolhas e colapso (conhecido como cavitação) gerado por ondas ultra-sónicas é geralmente considerado responsável pela maioria dos efeitos físicos e químicos observados nos estados físicos sólido/líquido ou líquido/líquido.

No fenómeno de cavitação o consumo de energia torna-se mais baixo a baixas frequências e a intensidades moderadas<sup>(15)</sup>.

A Figura 27 ilustra o ciclo de cavitação e a sua relação com a alternância dos ciclos da onda.

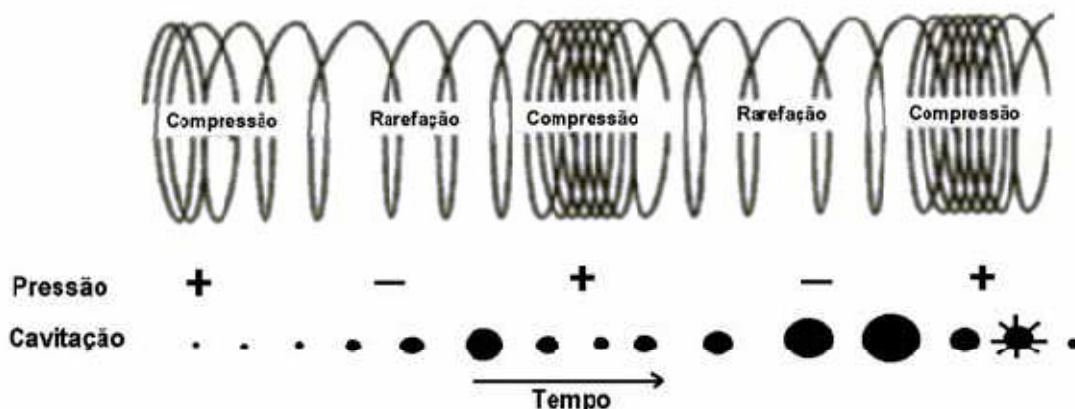


Figura 27 - Formação, crescimento e colapso da bolha formada por ultra-sons<sup>(15)</sup>.

Existem factores externos que influenciam fortemente a utilização do ultra-som, incluindo a frequência e intensidade acústica, a temperatura do meio, pressão estática, a escolha do gás, escolha do solvente, entre outros.

## 7.2. Aplicações do ultra-som na indústria têxtil

Os processos industriais têxteis, como a lavagem, o tingimento, branqueamento, entre outros, exigem elevadas quantidades de energia e de água. Na maioria dos processos têxteis a molhado a difusão das ondas ultra-sónicas na amostra é dominada pelo mecanismo de transferência de massa.

A intensificação da transferência de massa é um parâmetro importante no aumento da eficiência de processos têxteis a molhado. Os métodos convencionais para intensificar a transferência de massa em têxteis, como, por exemplo, o aumento da temperatura, nem sempre são possíveis, devido à obtenção de alguns efeitos indesejados que danificam a amostra.

A aplicação de técnicas de tratamento inovadoras tem vindo a ser estudada. Exemplo disso é a aplicação de enzimas no tratamento de fibras, por exemplo o tratamento da poliamida com Protease, do poliéster e acrílica com lipase, entre outros<sup>(12)</sup>.

Recentemente iniciou-se a aplicação de técnicas ultra-sónicas na indústria têxtil em conjunto com o tratamento enzimático devido à redução da necessidade de químicos e pelo facto de se realizarem em condições “menos agressivas” (temperatura e pH). A combinação de sistemas de ultra-sons com tratamentos enzimáticos convencionais nos processos têxteis traz vantagens

significativas, como a redução da quantidade de energia e de enzima(s) (redução dos custos de operação), uniformidade e redução dos tempos de tratamento, minimização dos danos na fibra<sup>(14)</sup>.

### 7.3. Casos de estudo

Nos últimos anos têm vindo a ser desenvolvidos, a nível experimental, um grande número de estudos sobre tingimento e lavagem com fibras naturais e artificiais usando ultra-sons.

O processo de tingimento tem por objectivo reter e fixar o corante difuso ou corante químico na fibra evitando o seu retorno para o banho.

O tingimento de poliamidas utilizando ondas ultra-sónicas de frequência 0,6-2 MHz com corantes ácidos resulta num rápido tingimento<sup>(14)</sup>.

No tingimento do algodão com a mesma quantidade de corantes, e utilizando uma frequência de 40 kHz, em relação ao método clássico (processo contínuo e descontínuo), pode obter-se um tingimento em tempo muito reduzido, com uma temperatura inferior e uma concentração de corante hidrolisado inferior. A utilização de ultra-sons permitiu um eficaz tingimento a várias temperaturas sem causar qualquer tipo de danos à fibra quando foi usada uma frequência (27 kHz) no tingimento do Nylon a várias temperaturas, uma frequência de 26 kHz e potência de 120 W, no tingimento do poliéster (baixas temperaturas)<sup>(15; 14)</sup>.

O uso de ultra-sons no tingimento reactivo de tecidos de celulose leva a uma redução de consumo energético e de água significativa, melhorando o processo<sup>(16; 14)</sup>.

Nas operações de preparação e lavagem de malha pretende-se remover as impurezas existentes à superfície desta. Testes de laboratório demonstraram que o tempo de lavagem da lã pode ser reduzido de 3 horas para cerca de 15-30 minutos obtendo-se uma brancura equivalente. Em estudos laboratoriais realizados usando malhas de 100% algodão e de poliéster sujas de óleo verificou-se uma fácil lavagem no poliéster e a brancura do algodão foi melhorada. Para além disto, reduziu-se significativamente o tempo de lavagem da malha com recurso ao ultra-som. Hoje em dia com a redução dos preços dos componentes electrónicos é viável a utilização do ultra-som no tingimento e lavagem de malhas. Os processos actualmente usados são limitados pela cinética da reacção (devido à natureza dos corantes e produtos químicos), por restrições térmicas (pois embora um aumento de temperatura possa acelerar a reacção também pode danificar a malha), e por condicionalismos técnicos (pressão elevada pode danificar os rolos de hidro-extracção). No fenómeno de cavitação a utilização de ultra-sons permite tornar os processos mais rápidos obtendo os mesmos resultados que se

obtêm com técnicas existentes, mas com uma temperatura bastante inferior. O ultra-som no futuro terá grande interesse na indústria têxtil pois permitirá acelerar processos, reduzir poluição, aumentar produtividade e qualidade do produto<sup>(14)</sup>.

#### 7.4. Resultados experimentais e discussão

Após o processo de tingimento é necessário realizar vários testes físicos e químicos à malha. Nos testes químicos estão incluídos os testes de encolhimento e de torção; nos testes físicos incluem-se os testes da solidez ao suor, alcalino e ácido, e à lavagem. O teste à lavagem tem como inconveniente o tempo necessário para a sua realização. É um teste de importância vital que pode obrigar, se o resultado for negativo, à introdução da malha tingida novamente no interior do JET e à sua lavagem, ou mesmo ao uso de produtos auxiliares para a fixação do corante, se esta apresentar mudança de tonalidade. Se este controlo for executado de forma deficiente pode levar o cliente a reclamar o mau serviço, a devolver a malha para normalização desta, conforme o caderno de encargos deste, assumindo a empresa os custos que daí possam resultar.

Nesta parte do trabalho é testado um método alternativo, usando ultra-sons, que permite simular o teste de solidez à lavagem em uso na empresa (descrito no ponto 4), para determinar a solidez à lavagem de uma malha tingida. O uso deste equipamento permite quebrar ligações simples que fixam o corante à fibra. O corante ao soltar-se fica no banho e pode entrar em contacto com o testemunho Multifibra e ficar retido neste, provocando uma intensidade diferente no testemunho diferente da inicial. O equipamento utilizado foi o Ultrasons-H 300839, com uma frequência de 40 kHz. A malha analisada foi uma malha em 100% poliéster com uma tonalidade escura, que no teste de solidez à lavagem foi reprovado com uma classificação de 2 na escala de cinzentos e confirmada usando o espectrofotómetro.

Esta avaliação pode ser facilitada com o auxílio de um espectrofotómetro (Data Color 600 Spectrum) que permite fazer a comparação entre a fibra do testemunho Multifibra sem qualquer ensaio e o testemunho Multifibra sobre o qual se realizou o teste de solidez à lavagem, avaliando de uma forma praticamente instantânea o grau de manchamento da nossa amostra (provete), sendo apenas necessário fazer uma leitura no espectrofotómetro.

Numa primeira fase faz-se variar vários parâmetros experimentais (temperatura, concentração de detergente e perborato de sódio, quantidade de banho e tempo) para identificar os que têm maior influência nos resultados da classificação do manchado que levam ao encontro dos que

são obtidos pelo Girowash. A variação da frequência do ultra-som era uma das variáveis que se pretendia estudar mas não foi possível devido a dificuldades de ordem técnica.

Para análise de resultados são utilizados dois espectrofotômetros, um para determinação da absorvância do banho (espectrofotômetro UV-Visível VARIAN CARRY) e outro (DataColor 600 Spectrum) para análise da refletância na malha que permite a classificação do manchado (escala compreendida entre 1 – 5) no testemunho Multifibra.

Os resultados obtidos pelo ultra-som são apresentados nas tabelas que se seguem. Nestas pode-se encontrar valores de absorvância e de manchamento, que podem ser obtidos por comparação visual do testemunho Multifibra com uma escala de cinzentos ou usando o espectrofotômetro DataColor 600 Spectrum.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores de absorvância e classificação do manchamento quando se faz variar a temperatura, fixando a concentração de detergente em 4 g/L, a concentração de perborato de sódio em 1 g/L e um banho de 150 mL.

Tabela 3 – Valores da absorvância e classificação do manchado variando a temperatura, com uma quantidade de banho de 150 ml, concentrações de perborato de sódio de 1 g/L e de detergente de 4 g/L, durante 5 min.

Temperatura [ °C]	Absorvância	Classificação do manchado
25	2,741	4-5
30	2,720	4-5
40	2,711	4-5
50	2,696	4-5

Verifica-se que a absorvância aumenta com a diminuição da temperatura, indicando por isso, uma maior libertação de corante sequestrado na malha para o banho. A classificação quanto ao manchamento é de 4-5, conseguindo-se detectar visualmente, no testemunho Multifibra, uma pequena quantidade de corante sequestrado.

Quando se varia a concentração de detergente, fixando a temperatura em 50°C, a concentração de perborato de sódio em 1 g/L e uma quantidade banho de 150 mL, os respectivos valores de absorvância e a classificação do manchamento são apresentados na Tabela 4. Verifica-se que a absorvância aumenta com o aumento da concentração de detergente, indicando por isso, uma maior libertação de corante sequestrado na malha para o banho. Conclui-se, assim, da importância da utilização de concentrações elevadas deste

detergente. A classificação quanto ao manchamento é de 4-5. No testemunho Multifibra é detectado, visualmente, uma pequena quantidade de corante sequestrado.

Tabela 4 – Valores da absorvância e classificação do manchado variando a concentração de detergente, com uma temperatura de 50 °C, concentração de perborato de sódio de 1g/L e uma quantidade de banho de 150 ml, durante 5 min.

Concentração de detergente [g/L]	Absorvância	Classificação do manchado
0	1,625	4-5
1	2,673	4-5
2	2,679	4-5
3	2,682	4-5
4	2,696	4-5

Na Tabela 5 são apresentados os valores de absorvância e a classificação do manchamento para uma concentração de perborato de sódio variável, fixando a temperatura em 50°C, a concentração de detergente em 4 g/L e um banho de 150 mL. Verifica-se que a absorvância aumenta com o aumento da concentração de perborato de sódio, indicando, por isso, uma maior libertação de corante sequestrado na malha para o banho. Estes resultados permitem concluir, também, que o aumento não é significativo e por isso o uso de concentrações baixas. A classificação quanto ao manchamento é de 4-5, conseguindo-se detectar visualmente, no testemunho Multifibra, algum corante sequestrado.

Tabela 5 – Valores da absorvância e classificação do manchado variando a concentração de perborato de sódio, com uma temperatura de 50 °C, concentração de detergente de 4g/L e uma quantidade de banho de 150 ml, durante 5 min.

Concentração de perborato de sódio [g/L]	Absorvância	Classificação do manchado
0	2,664	4-5
2	2,665	4-5
3	2,670	4-5
4	2,696	4-5

Os valores de absorvância e a classificação do manchamento, quando se faz variar a quantidade de banho, fixando a temperatura em  $50^{\circ}\text{C}$ , a concentração de perborato de sódio em  $1\text{ g/L}$  e uma concentração de detergente em  $4\text{ g/L}$ , são apresentados na Tabela 6. Os resultados obtidos permitem verificar que a absorvância aumenta com a diminuição da quantidade de banho, indicando por isso, uma maior concentração de corante no banho, o que vai provocar um maior número de contactos entre o corante disperso no banho e o testemunho Multifibra, aumentando a probabilidade do corante ser sequestrado pelo testemunho Multifibra. A classificação quanto ao manchamento é de 4-5, quando a quantidade de banho é de  $150\text{ mL}$ . Para a quantidade de banho de  $70$  e  $110\text{ mL}$  a classificação é de 4, observando-se que o testemunho Multifibra apresenta um ligeiro manchamento, isto é, já foi sequestrada uma quantidade de corante que pode ser observada a olho nu, para  $20$  e  $50\text{ mL}$  o manchamento já é significativo tendo a classificação de 3-4.

Tabela 6 – Valores da absorvância e classificação do manchado variando a quantidade de banho, com uma temperatura de  $50^{\circ}\text{C}$ , concentração de perborato de sódio de  $1\text{ g/L}$  e uma concentração de detergente de  $4\text{ g/L}$  durante 5 min.

Quantidade de banho [mL]	Absorvância	Classificação do manchado
20	5,528	3-4
50	3,515	3-4
70	3,462	4
110	2,913	4
150	2,696	4-5

Quando se faz variar o tempo, fixando a temperatura em  $50^{\circ}\text{C}$ , a concentração de perborato de sódio em  $1\text{ g/L}$ , uma concentração de detergente em  $4\text{ g/L}$  e uma quantidade de banho de  $150\text{ mL}$ , os valores de absorvância do banho e a classificação do manchamento são apresentados na Tabela 7. Verifica-se que a absorvância aumenta com o aumento do tempo, indicando por isso, uma maior libertação de corante sequestrado na malha para o banho. A classificação quanto ao manchamento é de 4-5, quando o tempo dispendido é de 5 minutos, para os tempos de 7,5 e 10 minutos a classificação é de 4, observando-se que o testemunho Multifibra apresenta um ligeiro manchamento, isto é, já foi sequestrado uma quantidade de corante que pode ser facilmente detectada; para os tempos de 12,5 e 15 minutos a classificação obtida é de 3-4, o manchamento é mais pronunciado que os anteriores.

Com estes valores de absorvância e a classificação de manchado induz-se que o tempo é um factor que pode ser explorado para obtenção de melhores resultados.

Tabela 7 – Valores da absorvância e classificação do manchado variando a tempo, com uma temperatura de 50 °C, concentrações de perborato de sódio de 1g/L e de detergente de 4g/L e uma quantidade de banho de 150 ml.

Tempo [ <i>min</i> ]	Absorvância	Classificação do manchado
5,0	2,696	4-5
7,5	3,216	4
10,0	3,419	4
12,5	3,507	3-4
15,0	3,556	3-4

Terminada esta fase, face aos resultados obtidos conclui-se que o valor da absorvância do banho aumenta quando se aumentam as concentrações de detergente e de perborato de sódio, se aumenta o tempo de contacto da malha com o banho e se diminui a quantidade de banho. Quando a temperatura aumenta há uma diminuição da absorvância, o que pode indiciar uma maior transferência de corante do banho para o testemunho Multifibra.

Na fase experimental que se segue as concentrações de detergente e de perborato de sódio utilizadas são de 4 e 1 g/L, respectivamente, fazendo variar a quantidade de banho, o tempo e a temperatura. A variação da temperatura serve para determinar a viabilidade deste processo a baixas temperaturas, sabendo que todos os corpos dilatam com o aumento da temperatura, devendo por isso aumentar a distância entre as fibras. Por consequência, o corante preso entre as fibras deverá soltar-se com mais facilidade, não obstante essas partículas de corante migrarem em maior número para o testemunho Multifibra.

Na Tabela 8 apresentam-se os valores de absorvância do banho e a classificação do manchamento quando se faz variar o tempo, fixando a temperatura em 25°C e usando uma quantidade de banho de 20 mL. Verifica-se que a absorvância diminui com o aumento do tempo, indicando por isso, uma diminuição de corante sequestrado na malha para o banho. A classificação quanto ao manchamento é de 3-4 quando estão decorridos apenas 15 minutos, observando-se que o testemunho Multifibra apresenta um ligeiro manchamento, isto é, já foi sequestrada uma quantidade de corante que pode ser observada a olho nu. No entanto é



inferior ao inicialmente esperado (grau 2). Para o tempo de 20 e 25 minutos o manchamento já se torna considerável por isso a classificação é de 3.

Tabela 8 – Valores da absorvância e classificação do manchado variando o tempo para a temperatura de 25 °C, concentração de perborato de sódio de 1g/L, concentração de detergente de 4g/L e uma quantidade de banho de 20 ml.

Tempo [ <i>min</i> ]	Absorvância	Classificação do manchado
15	2,876	3-4
20	2,839	3
25	2,827	3

Quando se faz variar o tempo, fixando a temperatura em 50°C, e uma quantidade de banho de 20 mL, os valores de absorvância do banho e a classificação do manchamento obtidos são apresentados na Tabela 9. Verifica-se que a absorvância aumenta com o aumento do tempo, indicando por isso, uma diminuição de corante sequestrado na malha para o banho; a classificação quanto ao manchamento é de 3-4 para 15 minutos, observando-se que o testemunho Multifibra apresenta um ligeiro manchamento, isto é, já foi sequestrada uma quantidade de corante que pode ser observada a olho nu. Para os tempos de 20 e 25 minutos observa-se um manchamento considerável por isso a classificação é de 3.

Tabela 9 – Valores da absorvância e classificação do manchado variando o tempo, para a temperatura de 50 °C, concentrações de perborato de sódio de 1g/L e de detergente de 4g/L e uma quantidade de banho de 20 ml.

Tempo [ <i>min</i> ]	Absorvância	Classificação do manchado
15	2,805	3-4
20	2,813	3
25	2,829	3

Na Tabela 10 apresentam-se os valores da absorvância do banho e a classificação do manchamento quando se faz variar o tempo, fixando a temperatura em 50°C e se utiliza uma quantidade de banho de 50 mL. Verifica-se que a absorvância aumenta com o aumento do tempo, indicando por isso, uma diminuição de corante sequestrado na malha para o banho. A

classificação quanto ao manchamento para todos os tempos é de 3, observando-se que o testemunho Multifibra apresenta um manchamento considerável.

Tabela 10 – Valores da absorvância e classificação do manchado variando o tempo para a temperatura de 50 °C, concentrações de perborato de sódio de 1g/L e de detergente de 4g/L e uma quantidade de banho de 50 ml.

Tempo [ <i>min</i> ]	Absorvância	Classificação do manchado
15	2,772	3
20	2,774	3
25	2,785	3

Com estes dados conclui-se que o uso do ultra-som pode ser considerado eficaz, quando comparado com o método em uso pela empresa.

Para uma avaliação correcta do manchamento, deve-se à classificação obtida na escala cinzentos diminuir 1 “grau”, ou seja, à classificação da escala de cinzentos de 3 deve-se atribuir 2.

Isto pode ser justificado pelos seguintes factos:

- Impossibilidade de fazer alterar a frequência do ultra-som;
- O meio de difusão das ondas ultra-sónicas não ser a indicada;
- Oportunidade de reacção entre fibra e corante por quebra de ligações;
- O meio utilizado ser aberto.

É importante referir que só foi possível realizar ensaios em fibra de 100% poliéster, e o facto de a absorvância diminuir com o aumento da temperatura indica que o corante pode ser sequestrado pelo testemunho Multifibra.

## 8 Conclusões e Sugestões de um Trabalho Futuro

O documento apresentado é resultado do trabalho realizado durante o Estágio Profissional efectuado na empresa têxtil Tinamar S.A. – Tinturaria e Acabamentos Têxteis.

Os estudos apresentados reflectem, em parte, o papel de um colaborador com conhecimentos adquiridos no ensino superior para solucionar alguns problemas neste tipo de indústria. O estudo da compatibilidade de corantes, de pouca complexidade, foi um auxiliar importante para os ensaios laboratoriais, facilitando a selecção do corante que melhores resultados poderia oferecer na substituição dos corantes. Para além da compatibilidade, este estudo pode ser consultado para futuras soluções/alternativas para elaboração de novas receitas de tingimento e por vezes entender o porquê de certas misturas originarem o fenómeno de metamerismo.

O estudo da viabilidade do uso de um ultra-som para determinação da solidez à lavagem, de alguma complexidade, demonstra que pode vir a ser uma alternativa ao método actualmente utilizado se à escala existente for reduzido em meio grau o seu valor, isto é, se na leitura comparativa dos testemunhos Multifibra se obtiver um valor de 4 este deve ser corrigido para 3-4, se o valor é de 3-4 este deve ser corrigido para 3, e assim sucessivamente para todos os restantes valores. O tempo obtido para o teste de solidez à lavagem neste estudo é de 15 min e o volume de banho de 50 ml: estes dois valores são menores que os usados no método a que a empresa recorre. Os restantes parâmetros como a concentração de detergente e perborato de sódio são mantidas nas mesmas quantidades, 4g/L e 1g/L, respectivamente, visto que o uso nestas concentrações parece ser ideal. A temperatura é mantida nos 50°C por também apresentar bons resultados.

A aplicação do estudo de viabilidade no uso de ultra-som carece de uma avaliação da entidade competente, que permita a introdução no mercado desta alternativa.

### Sugestões de um trabalho futuro

Como se pode constatar pelos resultados experimentais obtidos, a redução de tempo, um dos pontos mais importantes no cumprimento do objectivo deste estudo, foi conseguido. No entanto, a redução no tempo pode ser superior se forem estudados alguns parâmetros que não foi possível analisar devido às características do equipamento utilizado. Seria interessante obter informação de meios alternativos para a difusão das ondas ultra-sónicas, entre outros

aspectos que podem apresentar relevância num estudo futuro. De seguida, apresentam-se estes e mais alguns aspectos que podem ser explorados em trabalhos de estudo futuro. Estes pontos servem apenas como referências com potencial interesse, que podem ser explorados, não indicando que os resultados podem ser melhores:

- Utilizar um ultra-som com outras frequências, para assim poder estudar a diferença existente entre frequências;
- Utilizar outros meios de difusão das ondas ultra-sónicas (mais ácido/básico, vários detergentes ou meios produtores de oxigénio, etc.);
- Verificar se em meio fechado se obtêm melhores resultados, podendo estudar a pressão ideal;
- Estudar os diferentes parâmetros para diferentes composições de malhas (100% algodão, 100% poliéster, etc.).

## 9. Bibliografia

1. **Sá, Maria Madalena Alves Martins de.** *Aplicação de  $\beta$ -Ciclodextrinas no Tingimento de Materiais Têxteis*. Braga : Universidade do Minho, 2008.
2. **Cherem, L.F. Cabral.** *Um modelo para a predição da alteração dimensional em tecidos de malha em algodão*. Universidade Federal de Santa Catarina; Florianópolis : s.n., 2004.
3. **Twardokus, Rolf Guenter.** *Reuso de água no processo de tingimento da Indústria Têxtil*. Universidade Federal de Santa Catarina; Florianópolis : s.n., 2004.
4. **CITEVE.** *Fibras Naturais*. Famalicão : s.n., 2010.
5. *Documentação/Informação fornecida pela TINAMAR - Tinturaria Têxtil S.A.*
6. **BASF.** *A Química para o futuro*. Ludwigshafen : Departamento Central de Comunicação Social da BASF, 1990.
7. **Almeida, Vitor de Cinque.** *Desenvolvimento de métodos analíticos para a determinação e extracção de corantes têxteis em efluentes Industriais*. Universidade Estadual do Maringá; Maringá : s.n., 2006.
8. **Costa, Mirko Raimundo.** *Las fibras Textiles Y Su Tintura*. 1992.
9. **PICCOLI, HEIDEROSE HERPICH.** *Determinação do Comportamento Tintorial de Corantes Naturais em Substrato de Algodão*. FLORIANÓPOLIS : UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2008.
10. **Hassemer, M.E. Nagel.** *Oxidação Fotoquímica - UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> - Para degradação de poluentes em efluentes da Indústria Têxtil*. Universidade Federal de Santa Catarina; Florianópolis : s.n., 2006.
11. **de Araújo, Mário e Castro, E.M. de Melo e.** *Manual de Engenharia Têxtil*. Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, 1986. Vol. I.
12. **Silva, Carla Manuela Pereira da.** *Tratamento Alcalino e Enzimático de Fibras Sintéticas*. Braga : Universidade do Minho, 2002.
13. **Guaratini, Claudia C.I. e Zanoni, Maria Valnice B.** *Corantes Têxteis*. São Paulo : Departamento de Química Analítica - Instituto de Química, 1999.
14. *Documento de Referência sobre Melhores Técnicas Disponíveis no Sector Têxtil*. **Roque, Maria João Sutil.** s.l. : Instituto do Ambiente, 2005.
15. **Moïse Vouters, Pascal Rumeau , Pascal Tierce , Sandrine Costes.** *Ultrasounds: an industrial solution to optimise costs, environmental requests and quality for textile finishing*. *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol. 11, Issue 1, 33–38, 2004.
16. **Yachmanev, V G, Bertoniere, R N e Blanchard, E J.** *Intensification of the bio-processing of cotton textiles by combined enzyme/ultrasound treatment*. s.l. : J. Chem. Tecno. Biotechnl., 2002, pp. 559-567.

17. **Bastos, Carlos Filipe Dias.** *Interacção de ultra-sons com sistemas enzimáticos para aplicações têxteis.* Braga : Universidade do Minho, 2007.

## 10. Anexos

### 10.1. Testes de controlo de qualidade químicos

Apresentam-se de seguida os procedimentos experimentais para a realização dos testes químicos (testes de solidez à lavagem, solidez à água, solidez ao suor ácido e alcalino).

#### 10.1.1. Teste de Solidez à lavagem

1. Para cada ensaio prende-se uma amostra de tecido a analisar, com  $2 \times 5\text{cm}$  a um tecido testemunho Multifibra, cosendo o conjunto ao longo dos dois lados menores.
2. Prepara-se as soluções de lavagem com  $1\text{ g/l}$  de perborato de sódio e  $4\text{ g/L}$  de detergente.
3. Introduce-se em cada recipiente 150 ml de solução. Ajusta-se a temperatura, e coloca-se a amostra de tecido e o testemunho Multifibra no recipiente respectivo, contendo cerca de 10 esferas de aço.
4. Fecha-se o recipiente e efectuam-se os ensaios a  $50^{\circ}\text{C}$ , durante 30 minutos.
5. Após os 30 minutos retira-se a amostra e o testemunho Multifibra do banho, secando-se ao ar, tendo a amostra estado apenas em contacto com os testemunhos nas costuras.
6. Avalia-se a alteração da cor da amostra e o “manchamento” dos tecidos testemunhos Multifibra, com a ajuda das escalas de cinzentos.

#### 10.2.2. Teste de Solidez à água

1. Para cada ensaio prende-se uma amostra de tecido a analisar, com  $2 \times 5\text{cm}$  a um tecido testemunho Multifibra, cosendo o conjunto ao longo dos dois lados menores.
2. Immerge-se cada amostra com testemunho Multifibra em água destilada, à temperatura ambiente. Retira-se cada amostra da água e coloca-se cada uma

entre duas placas de vidro, sob uma pressão de 12,5 KPa. Coloca-se o conjunto na estufa, durante 4 horas, a cerca de 37°C.

3. As amostras secam ao ar, sem que os testemunhos estejam em contacto, excepto nas costuras.
4. Avalia-se a alteração da cor do provete e o “manchamento” do tecido testemunho Multifibra, com a ajuda das escalas de cinzentos.

#### 10.2.3. Teste de Solidez ao suor ácido e alcalino

1. Para cada ensaio prende-se uma amostra de tecido a analisar, com  $2 \times 5\text{cm}$  a um tecido testemunho Multifibra, cosendo o conjunto ao longo dos dois lados menores.
2. Prepara-se a solução de suor ácido e alcalino.
  - a. Solução de suor ácido
    - 1,5g de Monocloridrato de L-Histidina Monohidratada
    - 5g de Cloreto de Sódio
    - 2,2g de Diidrogénio-Ortofosfato Sódico Desidratado
  - b. Solução de suor alcalino
    - 1,5g de Monocloridrato de L-Histidina Monohidratada
    - 5g de Cloreto de Sódio
    - 2,5g de Hidrogénio-Ortofosfato Dissódico Desidratado
3. Coloca-se a amostra num goblet, e cobre-se com a solução.
4. Imerge-se completamente a amostra na solução alcalina a pH=8.0, numa relação de banho 1:50 (1g de malha para 50 ml de banho).
5. Vaza-se a solução e espreme-se o líquido em excesso da amostra. Coloca-se a amostra entre duas placas de acrílico, sob a pressão de 12,5 kPa.
6. Usando o mesmo procedimento, imerge-se uma amostra na solução ácida a pH=5.5 na relação de banho de 1:50.
7. Coloca-se o aparelho de ensaio (perspirómetro) contendo os provetes, na estufa durante 4 horas à temperatura de 37°C.
8. Seca-se as amostras à temperatura ambiente, de modo a que as três partes estejam em contacto apenas pela costura.



Nota: Nos ensaios à solidez à água, ao suor ácido e alcalino podem ser realizados no máximo 10 ensaios no mesmo perspirómetro.

### 10.3. Testes de controlo de qualidade físicos

Apresentam-se de seguida os procedimentos experimentais para a realização dos testes físicos de fricção a seco e a húmido

.

#### 10.3.1. Testes de Fricção

Utiliza-se uma fracção de malha a analisar com cerca de 15cm de largura com igual medida de comprimento, de modo a poder fazer a fricção a seco e a húmido em sítios diferentes.

##### 10.3.1.1. Fricção a seco

- Fixa-se a malha a testar, no sentido do comprimento, com a ajuda dos pinos existentes no suporte do aparelho crockmeter.
- Prende-se o tecido testemunho seco na extremidade da cavilha, com a ajuda do gancho, e fricciona-se o testemunho com 10 voltas.

##### 10.3.1.2. Fricção a húmido

- Repete-se o ensaio, com a malha a testar seca e o tecido testemunho molhado em água destilada.
- Seca-se o tecido testemunho à temperatura ambiente

### 10.4 Exemplos de tingimentos relativos às malhas mais tingidas

#### 10.4.1 Tingimento de um Jersey 100% algodão

Tonalidade: Preto

Corantes: Sulfurosos

#### 10.4.1.1 Preparação

1. Durante 60 minutos a 98°C ocorre a adição de anti-vincos à malha de modo a prepará-la para os esforços mecânicos (fricção e extensão) a que será sujeita. Ocorre ainda a adição de produtos que permitem remover os óleos que as malhas “adquiriram” durante o seu processo de tecelagem, e de soda cáustica, uma base que permite uma abertura da malha.

Posteriormente, ocorre a adição de água oxigenada à malha para se efectuar a branqueação da malha, de modo a permitir um tingimento com maior rendimento, bem como uma maior igualização.

2. Lavagem com água à temperatura de 70°C durante 10 minutos, tendo como função a remoção de produtos auxiliares em excesso utilizados até este ponto.
3. Ocorre o ajuste do pH com ácido acético durante 10 minutos a 50°C, bem como a introdução de peróxidos que tem como função a eliminação de impurezas que tenham ficado retidas na malha e ainda a eliminação de todo o peróxido de hidrogénio que ficou na malha, pois a presença deste afectaria radicalmente o rendimento do tingimento.

#### 10.4.1.2 Tingimento

4. À temperatura de 60°C são adicionados produtos auxiliares, tais como: anti-espumantes, correctores de água, molhantes e electrólitos e aceleradores da reacção (açúcares). Os correctores têm como função a “inactivação” de certos compostos presentes de água, que caso não fossem inactivos precipitariam no tingimento, formando aglomerados, não permitindo desta forma a igualização do tingimento. É ainda adicionado sal ao banho, este é um electrólito permitindo deste modo uma mais rápida migração do corante para a fibra.

É ainda adicionado hidróxido de sódio e soda solvay de modo a permitir uma maior hidrofiliidade da malha.

5. Este passo corresponde à adição gradual de corante sulfuroso ao banho de tingimento durante aproximadamente 10 minutos.
6. É adicionado um redutor (hidrossulfito de sódio) ao banho, de modo a permitir que o corante sulfuroso no banho fique na forma reduzida, impedindo a sua rápida migração para a fibra, de modo a prevenir problemas posteriores de igualização.

7. Há uma subida gradual da temperatura até aos 98°C, permitindo uma maior migração e fixação do corante na fibra decorrendo este durante 45 minutos, havendo posteriormente uma descida da temperatura até aos 80 °C para recolha de amostra para controlo de cor.
8. É adicionado ao banho soda solvay de peróxido de hidrogénio, para que o corante que migrou para a fibra esteja na sua forma oxidada, ocorrendo desta maneira a finalização da etapa de tingimento.

#### 10.4.1.3 Lavagem/Ensaboamento

9. Lavagem com água a 60°C durante 10 minutos para retirar o excesso de corante que não migrou para a fibra.
10. Ensaboamento da malha a 70°C durante 20 minutos.
11. Lavagem da malha com água.
12. Novo ensaboamento da malha, com amaciadores.
13. Lavagens da malha com água a 60°C com o objectivo de retirar o excesso de corante, de modo a obter bons resultados da malha a nível de solidez.

#### 10.4.2 Tingimento de uma Turca CO/PES

Tonalidade: Escura

Corantes: Reactivos / Dispersos

##### 10.4.2.1 Preparação

1. Esta fase decorre durante 20 minutos a 80°C, ocorre adição de anti-óleo que permite a eliminação de todo o tipo de óleos que foram inseridos na malha durante o seu processo de tricotagem.  
Posteriormente ocorre a adição de soda solvay para maior hidrofiliidade e inchamento malha a tingir.
2. Este banho é retirado do JET, onde de seguida é adicionado ácido acético durante 10 minutos a 50°C, o qual efectua um ajuste do pH da malha.

#### 10.4.2.2 Tingimento do PES

No início da fase de tingimento temos uma segunda fase de preparação: esta tem como finalidade obter as características ideais à “nova” água que entrou no JET.

Para tal são adicionados:

- Dador de ácido, que diminui o pH do meio;
  - Anti-vincos de modo a minimizar o efeito de extensão – fricção a que a malha será sujeita.
3. Neste ponto começa a fase de adição de corantes dispersos para o tingimento do poliéster. Esta adição ocorre gradualmente durante aproximadamente 10 minutos, de seguida ocorre um aumento gradual da temperatura até aos 130°C e pressão relativa de 2,0 atm (5) ocorrendo desta maneira o tingimento do poliéster durante aproximadamente 45 minutos.
  4. Ocorre uma descida de temperatura dentro do JET para cerca de 80°C. Retira-se uma amostra de modo a saber se o processo de reprodução ocorre com sucesso.
  5. Depois de retirada a água do banho, e de não haver necessidade de adição de mais corantes para correcção da cor, irá nesta fase decorrer a lavagem redutora e causticação. Este último permite aumentar a hidrofiliidade do algodão, e a lavagem redutora tem como finalidade a retirada do excesso de corante que não migrou para o interior da fibra. Este processo decorre durante 20 minutos a 90°C.
  6. Ocorre uma lavagem com água para retirar excesso de redutor que tenha ficado impregnado na malha.
  7. Ocorre a adição de ácido acético no banho a 50°C durante 10 minutos (neutralização).

#### 10.4.2.3 Tingimento do Algodão

8. Nesta fase há adição de produtos auxiliares essenciais ao tingimento do algodão: correctores de água, anti-vincos e electrólitos (sal); este último permitirá a difusão do corante para a fibra.
9. Ocorre a adição de corante reactivo que irá tingir a parte do algodão da fibra; esta adição é feita gradualmente, num período de 30 minutos, a uma temperatura de 60°C, prolongando-se por mais 20 minutos.

10. Posteriormente é adicionado hidróxido de sódio (alcali) ao meio, durante 30 minutos, processo que decorre a um pH 10.8-11.2, sendo de seguida retirada uma amostra para controlo do processo de reprodução de cor do algodão.
11. Se o processo de reprodução estiver a ser conseguido com sucesso, vaza-se o banho, para de seguida se proceder ao ajuste do pH do meio com ácido acético a 50°C durante 10 minutos.

#### 10.4.2.4 Lavagem/Ensaboamento

12. Depois do processo de reprodução de cor ocorrer com sucesso, a malha é sujeita a um ensaboamento de forma a ser eliminado o corante em excesso, ou seja, corante que não reagiu com a fibra (corante hidrolisado).
13. Amaciamento da malha.

#### 10.4.3 Tingimento de um Jersey 100% PES

Tonalidade: Escura

Corantes: Dispersos

##### 10.4.3.1 Preparação

1. Esta fase decorre durante 20 minutos a 80°C, ocorre adição de anti-óleo que permite a eliminação de todo o tipo de óleos que foram inseridos na malha durante o seu processo de tricotagem.  
Posteriormente ocorre a adição de soda solvay que permite o “inchamento” da malha.
2. Ocorre a adição de ácido acético para posterior ajuste do pH durante 20 minutos a 50°C.

##### 10.4.3.2 Tingimento

3. Adição de produtos auxiliares, tais como a adição de um ácido para correcção do pH, e um corrector de água.

4. Adição linear de corante para o banho durante 10 minutos no JET, ocorrendo de seguida um aumento de temperatura até aos 130°C durante 45 minutos, a uma pressão absoluta de 3atm permitindo assim a migração do corante para a fibra.
5. Diminuição da temperatura para 80°C e consequente retirada da amostra para controlo de tonalidade.
6. Se necessário fazer correcções na tonalidade repetir o ponto 4 e 5.

#### 10.4.3.3 Lavagem/Ensaboamento

7. Lavagem com água limpa 50°C para lavagem da malha.
8. Depois de vazamento da água de lavagem, inicia-se a lavagem redutora durante 20 minutos à temperatura de 90°C. Esta tem como finalidade a remoção do excesso de corante que não migrou para a malha, permitindo minimizar os problemas nos testes de solidez à malha. Neste mesmo ponto são ainda adicionados anti-vincos de maneira a reduzir os efeitos de fricção mecânica a que a malha foi sujeita.
9. Lavagem com água à temperatura de recuperação a 70°C durante 10 minutos.
10. Adição a 50°C durante 10 minutos de ácido acético ao meio permitindo um ajuste do pH da malha.
11. Primeira lavagem a 50°C durante 15 minutos com água recuperada, e posterior lavagem/amaciamento a 40°C durante o mesmo tempo.

#### 10.4.4 Tingimento de uma Felpa 100% algodão

Tonalidade: Clara

Corantes: Directos

##### 10.4.4.1 Preparação

1. Adição de um anti-óleo para retirar gorduras provenientes da malha durante 60°C.

#### 10.4.4.2 Tingimento

2. São adicionados produtos auxiliares essenciais ao processo de tingimento, nomeadamente um dispersante para os sais de cálcio e magnésio, que previne os aglomerados destes sais nas paredes das máquinas e no material têxtil. É ainda adicionado um igualizador do tingimento do substrato, favorecendo um esgotamento uniforme devido a um retardamento temporário do corante. Obtém-se assim um aspecto igual e uniforme do material. É adicionado ao banho um anti-vinco de modo a diminuir a abrasão fibra/metal, diminuindo a tendência ao borboto.
3. Depois da adição de todos os produtos auxiliares essenciais ao tingimento, é necessário fazer o branqueamento da malha. Para tal é adicionado à malha soda solvay e perborato de sódio. O branqueamento da malha permite a remoção da sua coloração natural, deste modo há um aumento da capacidade de absorção da fibra pelo corante, bem como a remoção completa das sementes e impurezas de origem vegetal e mineral.
4. É adicionado ao banho corante directo, gradualmente ao longo de 20 minutos à temperatura de 50°C.
5. Ocorre uma subida gradual da temperatura até aos 98°C de modo a ocorrer uma fixação do corante na fibra, que decorre durante 30 a 45 minutos. Neste ponto poderá ocorrer uma ligeira adição de sal, de modo a ocorrer um possível ajuste de cor, efectuando um “transporte” do corante para a fibra.
6. Há uma descida da temperatura até aos 80°C para permitir a retirada de uma amostra para o controlo da cor.

#### 10.4.4.3 Lavagem/Ensaboamento

7. São efectuadas duas lavagens do substrato com água à temperatura de 40°C durante 10 minutos, de modo a retirar todo o corante que não chegou a migrar para a fibra, evitando maus resultados nos testes de solidez da malha.
8. Adição de um amaciador à malha.

## 10.5 Aplicação dos corantes às diferentes fibras na empresa TINAMAR S.A

Corante/Fibra	Celulósica (Algodão, Modal, Viscose, Linho, Liocel)	Poliéster	Poliéster Modificado	Proteínica (Lã, seda)	Poliamida	Acetato e triacetato	Acrílico
Reactivo	Xx						
Directo	Xx						
Disperso		xx				xx	
Ácido				xx	xx		
Catiónico			xx				xx
Sulfuroso	x						
Branqueador óptico	xx	xx			xx		
Notas: xx- Muito adequado    x- Adequado em certos casos							